



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz  
(*Zea Mays*), Yungay, Ancash, 2022

#### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Civil

#### **AUTORA:**

Pacuy Loli Estiven Maycol ([orcid.org/0000-0002-3668-2643](https://orcid.org/0000-0002-3668-2643))

#### **ASESOR:**

Mgtr. De La Cruz Vega Sleyther Arturo ([orcid.org/0000-0003-0254-301X](https://orcid.org/0000-0003-0254-301X))

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

#### **LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

HUARAZ – PERÚ

2022

## Dedicatoria

A mis padres por estar siempre a mi lado y ayudarme en todo momento.

*El autor.*

## Agradecimiento

A la plana docente de la universidad Cesar Vallejo por darme las facilidades para desarrollar la investigación.

*El autor*

## Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- MARCO TEÓRICO	6
III.- METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación:	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimiento	18
3.1. Método de análisis de datos	18
3.2. Aspectos éticos	19
V.- RESULTADOS	20
V.- DISCUSIÓN	42
VI.- CONCLUSIONES	46
VI.- RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	48
ANEXOS	52

## Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación y descripción específica de los puntos establecidos	23
Tabla 2. Análisis granulométrico de la C – 03	23
Tabla 3. Clasificación del suelo (SUCS Y AASHTO) en su estado natural	25
Tabla 4. Límites de Atterberg del suelo extraído	25
Tabla 5. Compactación con energía modificada – proctor modificado	26
Tabla 6. Compactación cbr fase a calicata C – 03	27
Tabla 7. CBR esfuerzo del suelo natural (C – 03)	28
Tabla 8. Muestra natural y el porcentaje de adición de ceniza (3%, 6.5% y 10%)	29
Tabla 9. Límites de Atterberg de la muestra y la adición de cenizas	29
Tabla 10. Resultado de la mejora del índice de plasticidad	33
Tabla 11. Evaluación del ensayo de proctor modificado	35
Tabla 12. CBR de esfuerzo de penetración de la muestra	37
Tabla 13. Mejora de índice cbr de la muestra de suelo analizada.	38
Tabla 14. Significancia de las propiedades físicas de la muestra de subrasante	40
Tabla 15. Significancia de las propiedades mecánicas de la muestra de subrasante	41

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Plano general	20
Figura 2. Ubicación del proyecto	21
Figura 3. Ubicación de los puntos para la extracción de las calicatas	21
Figura 4. Ubicación de las calicatas c – 01, c – 02, c – 03 y c – 04.	22
Figura 5. Comportamiento de la granulometría del suelo (c – 03)	24
Figura 6. Relación densidad – humedad (proctor modificado)	27
Figura 7. Cbr carga – penetración del suelo natural (c – 03)	28
Figura 8. Mejora del límite líquido de la muestra de subrasante	30
Figura 9. Mejora del límite plástico del suelo de subrasante	31
Figura 10. Mejora del índice de plasticidad del suelo de subrasante	32
Figura 11. Variación del óptimo contenido de humedad (%) de la subrasante	34
Figura 12. Variación de la máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> ) de la subrasante	35
Figura 13. Mejora del índice cbr de la muestra de suelo de subrasante.	38
Figura 14. Mejora de la capacidad de soporte al 95% cbr 0.1”.	39
Figura 15. Mejora de la capacidad de soporte al 100% cbr 0.1”.	39
Figura 16. Carretera a yungay, ancash	88
Figura 17. Calicata c1- prof. 1.50 m	88
Figura 18. Obtención de muestra de suelo a través de la elaboración de calicata. C1- prof. 1.50 m	89
Figura 19. Calicata c2- prof. 1.50 m	90
Figura 20. Obtención de muestra de suelo a través de la elaboración de calicata. C2- prof. 1.50 m	91
Figura 21. Calicata c3- prof. 1.50 m	92
Figura 22. Obtención de muestra de suelo a través de la elaboración de calicata. C4- prof. 1.50 m	93

## Resumen

El presente el trabajo tuvo como objetivo general evaluar la adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en la mejora de las propiedades de la subrasante en la carretera a Yungay, Ancash; el tipo de estudio fue aplicada con diseño experimental, la población fue el tramo de carretera Aíra – Llanganuco, la muestra fue el suelo patrón extraída de la calicata 03, el muestreo fue no probabilístico (conveniencia), el método de análisis fue hipotético – deductivo y la técnica utilizada fue el análisis de datos, los cuales se obtuvieron de la aplicación de los diferentes ensayos físicos y mecánicos. Como principales resultados se obtuvo que el índice de plasticidad disminuyó en 67.00% cuando se adiciona 10.0% de la ceniza de maíz llegando a un indicador de 9.13%; del mismo modo, se evidenció que la densidad del suelo va disminuyendo a mayor adición de ceniza, llegando a un punto de 1.56 g/cm<sup>3</sup> con la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz; respecto a la variación del CBR se logró una mejora de 167.0% llegando a un indicador de 11.97%. Llegando a la conclusión que la adición de ceniza de maíz (3.0%, 6.5% y 10.05%) mejora las propiedades del suelo.

**Palabras Clave:** Plasticidad; ceniza; subrasante; CBR; estabilización

## Abstract

The present work, the general objective was to evaluate the addition of ash from corn leaves (*Zea Mays*) in the improvement of the properties of the subgrade on the road to Yungay, Ancash; the type of study was applied with an experimental design, the population was the Aíra – Llanganuco road section, the sample was the standard soil extracted from pit 03, the sampling was non-probabilistic (convenience), the analysis method was hypothetical – deductive and the technique used was data analysis, which was obtained from the application of different physical and mechanical tests. As main results, it was obtained that the plasticity index decreased by 67.00% when 10.0% of the corn ash is added, reaching an indicator of 9.13%; In the same way, it was evidenced that the density of the soil decreases with greater addition of ash, reaching a point of 1.56 g/cm<sup>3</sup> with the addition of 10.0% of corn husk ash; Regarding the variation of the CBR, an improvement of 167.0% was achieved, reaching an indicator of 11.97%. Concluding that the addition of corn ash (3.0%, 6.5% and 10.05%) improves the properties of the soil.

**Keywords:** Plasticity; ash; subgrade; CBR; stabilization

## I.- INTRODUCCIÓN

### REALIDAD PROBLEMÁTICA:

En la actualidad el mundo globalizado exige que las brechas de infraestructura y de caminos sean mínimos, es así como se realizan pavimentación de las carreteras teniendo en cuenta las características del suelo y los tipos de estabilizantes que se debe adicionar con el objetivo de que la carretera sea duradera y con costo mínimo de construcción y mantenimiento. Es por ello que la presente investigación presenta un aporte tanto para las empresas constructoras, para la sociedad y para el campo científico, pues se alinea rigurosamente con el método científico y analiza las características de la subrasante, en los cuales destacan la plasticidad, la capacidad portante, entre otras características, las cuales serán atenuadas con la adición de cenizas de hojas de maíz en proporciones de 3,0%, 6,5% y 10,0% respecto a la masa de subrasante.

En el contexto mundial las subrasantes presentan características desfavorables, o ciertas propiedades de ingeniería indeseables, esto debido a que presentan baja o limitada capacidad de carga y cambios volumétricos no uniformes, esto en gran parte del territorio de la India causan problemas y graves daños a los diferentes pavimentos que sirven para unir las ciudades y extensos territorios, en donde se realiza el comercio y las actividades humanas, es por ello que se debe mejorar constantemente las subrasantes con diferentes agentes estabilizantes que provienen de los diferentes procesos agrícolas e industriales que están presentes en todas las realidades (Mishra, Shukla y Mittal, 2022). Así mismo los problemas relacionados a las subrasantes representan el 25% de los costos de la construcción del pavimento, y con ello se deja de realizar obras de envergadura para las ciudades y los territorios con difícil acceso, representando el principal inconveniente en la conectividad terrestre vial de las diferentes ciudades (Coban y Cetin, 2022). En ese mismo sentido, los diferentes agentes estabilizantes, principalmente los residuos agrícolas son utilizados para la fertilización incompleta de los cultivos, lo cual no es muy rentable por su poca asimilación en el tiempo, es así que se tiene una aplicación de dichos residuos como agentes estabilizantes, los cuales entregan propiedades de estabilización a los suelos, que aporta principalmente la ceniza de

dichos productos y con ello mejoran significativamente las propiedades de los suelos en donde se desarrollan obras civiles (Ikeagwuani, et al., 2019).

En el contexto nacional, al ser el Perú un país con diversidad de climas y diferencias topográficas, en donde se tiene pavimentos en mal estado o vías de transporte sin pavimentar, el cual representa el 70% de los accesos en mal estado y sin pavimentar en el transporte del Perú, estos problemas son resaltantes, pues el Perú presentan suelos arcillosos de baja plasticidad, los cuales deben ser estabilizados con diferentes agentes estabilizantes y que representen bajos costos en la construcción del pavimento, alarguen el tiempo de uso y su respectivo mantenimiento de las vías (Jayo y Duran, 2022). Así mismo las vías con mayor flujo de tránsito vehicular, en el transporte personal, de mercancías y de pasajeros, son de interés nacional por su relevancia en el costo y en el tiempo de transporte, es así que se tiene presente la estabilización de los suelos por donde pasa la carretera, con diferentes agentes estabilizantes, con lo cual se disminuye significativamente el índice de extensión y optimiza el soporte de la subrasante y presenta variedad de costos bajos en comparación a procedimientos tradicionales, esto reducir o perder su vida útil e incurrir en costos adicionales de mantenimiento. (Cohen y Paz, 2022).

En el contexto regional, Ancash es una de las regiones que representa para el país grandes ingresos debido al canon minero que se tiene, pero a su vez presenta una escasa conexión entre los lugares rurales y las zonas urbanas, con ello no da paso al turismo y hace difícil el acceso al desplazamiento, lo cual es mucho más costoso y el tiempo se hace extiende más de lo necesario para dichas distancias de desplazamiento. Esto se debe a las características adversas que presentan los suelos de la región Ancash, especialmente en las medios rurales de la provincia de Yungay, en donde se presentan actividades esenciales como la agricultura y la ganadería y actividades extractivas como la minería, y el comercio, los cuales representan sus principales fuentes de ingresos económicos, esto obliga a las autoridades que se realicen estudios de suelos para la construcción de carreteras que unan estas zonas rurales y las zonas urbanas, facilitando el comercio y el transporte de sus principales productos, como el choclo, papa, leche, quesos, carne de res, entre otros. Es así que la red de trochas carrozables que están presentes y unen estas zonas en Yungay, presentan anomalías muy severas y en otros casos

presentan inoperatividad de la trocha carrozable debido al tipo de suelo y a las condiciones climatológicas que se presentan y que genera inestabilidad en las superficies de rodadura de las carreteras que escasamente se encuentran en la zona.

Actualmente el tramo vial que comprende desde el 0+000 hasta 1 + 500 km presenta una extensión de 1,5 km, y se ha evidenciado que en la carretera las características principales de los suelos presentan baja capacidad portante y no cumplen las exigencias de las reglas técnicas que constantemente emite el estado a través del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Además de los elementos ambientales complejos del área vial, provocan daños no especificados no especificados en el expediente técnico, esto debido a la deficiente nivel de estabilización y resistencia del suelo, con lo cual se pueden dañar seriamente la composición de la carretera, lo que lleva a la congestión del tráfico, flujo de tráfico inadecuado y al final carretera i intransitables, debido a que al tener un flujo elevado provoca que se desgaste la vía en un periodo corto, en este contexto adverso se plantea la necesidad urgente de hallar un agente estabilizante, que conjugue utilizar un residuo de la zona y que sea factible económicamente y con ello permita satisfacer las necesidades de la población en relación al transporte y al desplazamiento, con ello aumentar sus ingresos económicos y que en lo posible minimice los impactos ambientales.

## **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la evaluación en la estabilización de la subrasante de la carretera a Yungay con la adición de la ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash, 2022?

### **PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

¿Cuál es la mejora en la plasticidad de la subrasante en la carretera a Yungay con la adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash – 2022?

¿Cuál es la mejora en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera a Yungay con la adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash – 2022?

¿Cuál es la mejora en el índice CBR de la subrasante de la carretera a Yungay de la adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash – 2022?

## **JUSTIFICACIÓN**

### **Justificación Metodológica**

Respecto a la justificación de la investigación se presenta una justificación metodológica pues en el trabajo se utilizará convenientemente las técnicas y herramientas que se ajusten al método científico y que servirá de guía para futuros trabajos de investigación referentes al campo de aplicación del presente trabajo de investigación.

### **Justificación Práctica**

Así mismo con respecto a la justificación práctica, dará una solución aplicable a las principales características de la subrasante como son las propiedades físicas y mecánicas y que a su vez serán estabilizadas a través de la ceniza de las hojas de maíz (*Zea Mays*) que es abundante en la zona de ubicación del proyecto.

### **Justificación social**

Respecto a la justificación social se solucionará los principales problemas de transitabilidad de la población de impacto y con ello se reduce el impacto que generan estos problemas que se dan en la carretera y con ello se abrirá paso al turismo y nuevos convenios y desarrollo de la provincia de Yungay

### **Justificación Económica**

Respecto a la justificación económica, el trabajo tiene un impacto positivo en el mantenimiento de las vías de pavimento flexible, y además se reducirá el tiempo de transporte y con ello los costos de los fletes que se realizan para el comercio en la provincia, así mismo es fundamental para las empresas constructoras que realizan estudios de suelos y su futura estabilización de las subrasantes en los diferentes lugares de la zona del proyecto.

### **Justificación ambiental**

Por último, se tiene en cuenta la justificación ambiental, ya que el presente trabajo ayudará a dar un valor sostenible al utilizar los residuos de las hojas de maíz en la estabilización de subrasante, con ello se sustituirá los productos químicos que se agregan a la subrasante como agentes estabilizantes.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en la mejora de las propiedades de la subrasante en la carretera a Yungay, Ancash, 2022

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar la mejora la plasticidad de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash, 2022.

Evaluar la mejora en la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash, 2022

Determinar la variación en el índice CBR de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash, 2022.

## **HIPÓTESIS**

### **HIPÓTESIS GENERAL**

La adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, va a mejorar su propiedad física y mecánica entre un 35% a 65%.

### **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

La adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0% respecto de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, va a mejorar el índice de plasticidad de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash – 2022.

La adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0% respecto al suelo de subrasante va a mejorar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash – 2022.

La adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0% respecto al suelo de subrasante va a mejorar el índice de CBR de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash – 2022.

## II.- MARCO TEÓRICO

### ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Kumar y Harika (2021), en su artículo de investigación titulado *Estabilización de subrasantes expansivas mediante el uso de cenizas volantes*, planteándose como objetivo general estabilizar el suelo de subrasantes expansivas mediante adición de cenizas volantes, para ello utilizaron una metodología con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental, así mismo utilizaron técnicas e instrumentos de los métodos de Límites de Atterberg y la relación de carga de California (CBR), con ello obtuvieron como resultados que el valor de CBR aumentó en 6,0% respecto a su valor inicial con 10% de cenizas volantes y la resistencia a la compresión no confinada aumenta en 49,30% respecto al valor inicial, con lo cual llegaron así a la conclusión que es factible adicionar cenizas volantes en valores hasta el 10% para mejorar significativamente las propiedades físicas y mecánicas de una subrasante con fines de pavimentación y diversas obras de construcción.

Adeyanju et al., (2020) en su artículo de investigación titulado *Subgrade stabilization using rice husk ash-based geopolymer (GRHA) and cement kiln dust (CKD)* tuvo como objetivo explorar el uso de 2 residuos (ceniza de cascarilla de arroz (RHA) y polvo de horno de cemento (CKD)), para lo cual se utilizan métodos de investigación aplicada y equipos experimentales, y los estabilizadores se mezclan con el suelo en proporciones variables de 7,5 a 15 % para estabilización. Usando CK, lo que resultó en una mejora mecánica usando ambos sujetadores. Los investigadores incluyeron CKD como material adicional para reducir el activador, por lo que concluyeron que la estabilidad desarrollada con 10% CKD y geopolímero (8% RHA y 10% CKD) era óptima. La fijación con CKD da mejores resultados que la fijación con geopolímeros, también se demostró que potencialmente ahorra \$ 60,000.

Según Cobos, Ortigón y Peralta (2019), en su tesis de titulación *Características del comportamiento geotécnico de suelos de procedencia volcánica estabilizados con ceniza provenientes de cáscara de coco y cisco de café*, los autores han tenido como objetivo evaluar la conducta geotécnica de suelos de procedencia volcánico estabilizados con ceniza perteneciente cáscara de coco y cisco de café. La

metodología es de tipo aplicada, de tipo descriptiva y experimental, obtenida a partir de los resultados de los estudios, notó cambios significativos en sus propiedades mecánicas, que indican que la simple compactación del suelo no tiene la capacidad portante suficiente para soportar una determinada carga. Cambiar el método del estabilizador aumenta su compactación y mejora su capacidad portante rápidamente, de lo cual concluyeron que el estabilizador obtenido a través de las cenizas CCF y CCO tiene propiedades estimulantes de la aglomeración y esto es lo que hace que mejoren las principales propiedades del suelo, por eso el suelo consta de 6 %, y se ha demostrado que al agregar 15,00 % se obtiene un grado de compactación superior al promedio y en muchos casos superior al 100,00 % de las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado.

## **ANTECEDENTES NACIONALES**

Vilca (2021), en su artículo de investigación titulado *Estabilización de suelos expansivos con ceniza de mazorca de maíz en la ciudad del Cusco*, para ello el autor se planteó como objetivo general estabilizar suelos expansivos adicionando ceniza de mazorca de maíz, utilizó para ello una metodología con un tipo de investigación aplicada con diseño de investigación experimental puro, y como técnicas y herramientas utilizaron los formatos para la granulometría, los límites de Atterberg y la relación de California (CBR), con lo cual obtuvo como resultado que la plasticidad se redujo en un 42,00% respecto al valor inicial, así mismo determinaron que el CBR del suelo se mejoró en un 62% para una adición del 8% respecto a la subrasante, con ello llegaron a la conclusión se puede estabilizar el suelo de una subrasante significativamente adicionando cenizas volantes de subproductos que son accesibles y de bajo costo.

Según Ojeda, Mendoza y Baltazar (2018) en su artículo de investigación titulado *"Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante"*, para este trabajo se tuvo como objetivo determinar el efecto de un agente estabilizador como la ceniza de bagazo (CBCA) como sustituto parcial del cemento Portland compuesto (CPC) para mejorar las propiedades del cemento granular y su aplicación en suelos arenosos. el método de aplicación, y con ello se obtuvieron mejoras al suelo en propiedades compresivas, resistencia a la

compresión y CBR, hasta un 25% de reducción en el consumo de CPC, de lo cual concluyeron que el uso de CBCA como sustituto parcial del cemento para mejorar las propiedades mecánicas del suelo para la construcción de capas estructurales en carreteras. Las tasas del 25 % y el 50 % muestran una mejora en la resistencia a la compresión, resistencia a la compresión menor y prueba de CBR.

Según Montejo, Raymundo y Chávez (2019) en su artículo de investigación titulado *“Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura”*, para dicho trabajo se plantearon como objetivo determinar la estabilización con ceniza de cáscara de arroz como alternativas de remoción de lodos y mejoramiento de suelos, para lo cual utilizaron un método de estudio descriptivo con un diseño de estudio no experimental, para lo cual obtuvieron resultados que se reflejan en los formularios que desarrollaron y luego discutieron y comparándolo con los estudios que se tomaron como referencia, donde estabilizadores como la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) aumentaron la capacidad portante del suelo y así llegaron a la conclusión de que la investigación de los materiales estudiados como estabilizador (CCA) es beneficioso, para estabilización de suelos y por lo tanto uso como subrasante mejorada en carreteras, debido a las mejores propiedades del suelo.

Terrones (2019), en su tesis de investigación titulada *“Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018”*, para ello se planteó como objetivo determinar los efectos de estabilizantes como la ceniza de bagazo (CBCA) adicionada en dosis del 5%, 10% y 15% respecto al peso seco, que actúan directamente sobre el material arcilloso del suelo sobre la estabilidad de la zona de Barraza, y es por ello. Con base en una metodología a la que se aplica el tipo de estudio y una estimación de estudio empírico, es claro que agregar un 15% de ceniza de bagazo (CBCA) a la muestra de suelo satisface los requisitos descritos en el manual, ya que tiene una resistencia promedio de 150,60 kPa y un CBR de 23,67%, lo que nos lleva a la conclusión que el estabilizador CBCA mejoró significativamente las propiedades mecánicas del suelo, y que las mejores condiciones de carga se dieron con una dosis de estabilizador del 15% de CBCA.

## **TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA**

### **Estabilización de suelos**

Según Yu et al (2022) la estabilización de suelo inspecciona o supervisa su estabilidad de volumen, aumenta la resistencia y coeficiente de tensión-deformación mejora la permeabilidad y la durabilidad y reduce la sensibilidad al agua se requieren pruebas de laboratorio y de campo para evaluar el desempeño de esta técnica. El suelo pobre evita la extracción y el transporte a los vertederos, aumenta la resistencia a la erosión, las heladas y otros efectos climáticos, aumenta la resistencia a la erosión, las heladas y otros efectos climáticos, permite la circulación en terreno accidentado y mantiene una plataforma de soporte estable para superficies de infraestructura lineal estructuralmente coordinadas.

### **Suelo**

Según Steinmetz et al (2022) el suelo es la parte más superficial de la corteza y los detritos de roca son principalmente erosión y otros cambios físicos y químicos, materia orgánica de la actividad biológica e incluso productos del suelo. Para Yuan et al (2022) el suelo es una superficie muy diversa y multifacética, con fenómenos climáticos como la lluvia y el viento. De igual forma, el suelo es escenario de complejos procesos químicos y físicos, un ecosistema subterráneo de pequeños animales y numerosos microorganismos, cuya presencia afecta directamente a su fertilidad.

### **Cenizas**

Según Barkhordari et al (2022) la ceniza es un residuo de la combustión. Por lo general, parte de la ceniza permanece en el ambiente en forma de polvo y el resto se esparce en el humo.

### **Propiedad química**

Según Matheus et al (2022) el término de propiedad química, de este modo, se refiere a aquellas propiedades químicas que cambian la composición de una sustancia dada. Por lo tanto, debido a su naturaleza química, la sustancia reacciona a condiciones específicas o reactivos específicos. Para Li et al (2022) a química de naturaleza química cambia la estructura interna o molecular de una sustancia a través de la interacción con otra sustancia, dando como resultado una nueva

sustancia. Las propiedades químicas son observables o distinguibles cuando la composición original cambia a una composición diferente, es decir, cuando un llamado cambio químico provoca un cambio en el enlace químico cuando entra en contacto con un reactivo diferente.

### **Propiedades físicas**

Según Sun et al (2022) las propiedades físicas de una sustancia se observan o miden sin cambiar su composición o química y sin necesidad de conocer la reactividad o la química de la sustancia. Los cambios en las propiedades físicas de un sistema representan la evolución del sistema a lo largo del tiempo entre transiciones y transitorios. Algunas características no se pueden determinar claramente si corresponden a rasgos, como el color: se pueden ver y medir, pero lo que cada persona percibe es una expresión. solución específica.

### **Humedad**

Según Liu et al (2022) la humedad es la cantidad de vapor de agua que contenida en el aire. El vapor de agua en el aire siempre está presente y su cantidad depende de varios factores como si acaba de llover, si está cerca del mar, si hay vegetación en el suelo y la temperatura. Para Bai et al (2022) el vapor de agua es una parte integral del ciclo del agua, ya que el vapor de agua se produce continuamente por evaporación y se elimina después de la condensación. A medida que aumenta la temperatura, el aire absorbe más vapor de agua, en otras palabras, cuanto más cálido es el clima, mayor puede ser la humedad.

### **Granulometría**

Según Valcanaia et al (2022) la granulometría es una medida de las partículas en la capa sedimentaria, y para analizar como las propiedades mecánicas de las partículas correspondientes a cada tamaño predicho por la escala de distribución de tamaño de partícula, la distribución de tamaño de partícula y el tamaño máximo del agregado son las proporciones relativas del agregado y requerido, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, economía, porosidad, retracción y durabilidad del hormigón.

## **Plasticidad**

Según Sakers et al. (2022) la plasticidad es una propiedad mecánica de algunas sustancias que pueden deformarse de manera irreversible y permanente cuando se exponen a tensiones más allá del rango o límites elásticos. En el caso de los metales, se puede explicar la plasticidad. En el caso de movimientos de dislocación irreversibles, es necesario distinguir entre comportamientos plásticos y termodinámicamente reversibles, los llamados comportamientos elásticos. Para Milewski et al. (2022) La plasticidad es una propiedad que los forma aplicando una fuerza externa para que la forma adquirida se mantenga incluso cuando se pierde la humedad y la fuerza externa. Asimismo, el autor señala que se pueden definir dos límites de plasticidad. mínimo. Cuando el contenido de humedad excede el límite superior de plasticidad, la masa de suelo se vuelve fluida y pierde su capacidad de conservar su forma. Cuando el contenido de humedad del suelo cae por debajo del límite inferior de plasticidad, los terrenos se vuelven quebradiza y no se puede moldear, está claro que no todos los suelos tienen la misma plasticidad. La arena y el limo son menos o muy plásticos, mientras que los suelos ricos en arcilla son más plásticos, en general, los suelos con un contenido de arcilla inferior al 15% no son plásticos.

## **Estabilidad subrasante**

Según Kumar et al (2022) la estabilidad de subrasante procede como la superficie determinada de los pavimentos de las vías de transporte, ya que para el desarrollo de este diseño nos regimos en el manual de carreteras del ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), de la misma manera, por lo que sirve como superficie específica del pavimento de la vía de transporte. Muchos caminos fallan porque no cumplen con los estándares establecidos que crean una realidad problemática en la estructura vial, por lo que es necesario considerar la carga de tráfico y los factores climáticos que provocan su deterioro. Las manos, con buen diseño y uso adecuado de los materiales, son eficaces y proporcionan una estructura sostenible para todo tipo de transporte de cargas. Para Pateriya et al (2022) la estabilización de subrasante es el uso de refuerzos geosintéticos que permiten la edificabilidad y el acceso a suelos blandos, y su uso es suficientemente comprimido para

proporcionar una capacidad portante uniforme asimismo proporciona una plataforma de suelo indeformable.

### **Propiedades mecánicas**

Según Aisheh et al (2022) Las propiedades mecánicas de un material afectan la resistencia mecánica y la capacidad de un material cuando se le aplica una fuerza. Es decir, las propiedades mecánicas son las propiedades de los materiales relacionadas con su capacidad para transferir y resistir esfuerzos y deformaciones. Estos son los más relevantes porque los materiales destinados a productos de ingeniería deben tener una resistencia mecánica óptima para funcionar bajo una amplia gama de fuerzas y cargas mecánicas. Por lo tanto, estas propiedades determinan la elección del material adecuado para cada aplicación, innovación de material o proyecto industrial. En el caso de Hua et al (2022), las propiedades mecánicas representan el comportamiento del material en relación con las fuerzas que actúan sobre él. Por ello, cobra especial importancia a la hora de elegir los materiales que componen un determinado objeto.

### **Máxima densidad seca**

Según Ding et al (2020) La densidad seca máxima es la densidad máxima para un rendimiento de compresión particular obtenido al probar el material a diferentes niveles de humedad. El efecto de este parámetro en CBR es que cuanto más denso es el suelo (partículas gruesas), mayor contacto entre las partículas, mayor resistencia del suelo y mayor valor de CBR. Según Ihara (2020), con el mismo grado de saturación (contenido de humedad) y carga constante, el CBR aumenta al aumentar la densidad seca máxima.

### **Óptimo contenido de humedad**

Según Rahman et al (2022) El contenido de humedad óptimo es el contenido de humedad que alcanza la máxima densidad seca a una energía de compresión particular. El efecto de este parámetro en CBR es que el grado de saturación cambia la resistencia del suelo, creando diferentes valores de CBR para el mismo suelo. Depende de la potencia de succión, el suelo seco es más fuerte que el suelo con un alto contenido de humedad. De acuerdo con la norma ASTM D 1883 07, si

la prueba se va a sumergir (saturada durante 4 días), la muestra debe retirarse del agua y drenarse durante 15 minutos antes de la prueba. En esta etapa, la saturación del suelo cambia, la succión del suelo aumenta y se pueden crear diferentes valores de CBR para el mismo suelo.

### **Capacidad de soporte**

Según Armaghani et al (2022) la capacidad de soporte tiene por objeto determinar las densidades secas máximas y mínimas de suelos no adherentes, no cementados, con un tamaño nominal máximo de hasta 80 mm y hasta un 12 % en peso de partículas menores de 0,08 mm. Este método se utiliza para esta clase de suelo, ya que la compresión por impacto no produce una curva clara de relación de densidad de humedad, ya sea seco o saturado. Karl Terzaghi expresó el grado de densidad de estos suelos en términos de densidad relativa, también conocida como Índice de Densidad (ID), que se determina en función de las densidades máximas y mínimas determinadas en el laboratorio.

### **Resistencia mecánica**

Según Yin et al (2022) La resistencia mecánica es la capacidad de una máquina para resistir los efectos de las cargas aplicadas a sus partes sin romperse. La deformación residual a menudo es inaceptable porque cambiar la forma y las dimensiones de una pieza cambian las interacciones normales de las piezas de la máquina y puede cambiar el acoplamiento requerido de las piezas en el ensamblaje. De la resistencia mecánica de los elementos mecánicos debe ser considerado junto con el factor tiempo, es decir, la vida útil de estos elementos mecánicos. Es decir, la vida para la que están calculados.

### III.- METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

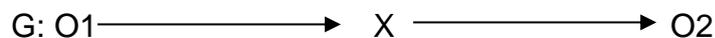
##### Tipo

El presente trabajo de investigación de acuerdo al tipo de investigación está enmarcada en una investigación aplicada, es así que para ello se utilizó las técnicas y herramientas que se tiene respecto a las teorías estudiadas para solucionar problemas que se presentan en la vida real y que se solucionan de manera metódica y siguiendo rigurosamente el método científico, es así que se modifica la realidad circundante en donde se realiza el estudio y las soluciones son planteadas de manera eficiente y conveniente en todos los aspectos de la realidad, esto se extrapola y se aplica en la estabilización eficiente de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash (Carrasco, 2013, p. 43).

##### Diseño

En concordancia con el tipo de investigación se tiene al diseño de investigación experimental, en la cual se presentan distintas categorías de experimentación y análisis de datos, es así que se tiene a la categoría de experimental puro, en el cual se realizó la experimentación que se llevó a cabo al adicionar el agente estabilizante en diferentes proporciones, y la cual estuvo alineada a la solución holística del problema de investigación que se plantea, es así que la manipulación intencionada y controlada de las variables hacen que el presente trabajo de investigación sea experimental (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.119).

#### Esquemmatización



Donde:

- G : Unidad de análisis de subrasante de carretera a Yungay- Ancash
- O1 : Características físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera.
- X : Adición de ceniza de hoja de maíz (3%, 6.5% y 10%)
- O2 : Características físicas y mecánicas de la subrasante mejorada.

## **Enfoque**

El presente trabajo de investigación enfoque cuantitativo, pues está direccionado de una manera científica, incluyendo un conjunto de procedimientos detallados y secuenciados que se llevan a cabo de manera numérica para la recolección de los datos y que serán procesados y se obtendrá resultados de carácter numérico, que serán analizados con procedimientos detallados para el presente estudio.

### **3.2. Variables y operacionalización**

Respecto a las variables de estudio, de acuerdo al análisis de la información serán de carácter numérico cuantitativo, es así que los datos recolectados de la características físicas y mecánicas de la muestra serán procesadas de forma cuantitativa, así también la adición de ceniza de hojas de maíz serán calculadas de forma cuantitativa con la finalidad de mejorar las características de la subrasante estudiada, para una mejor comprensión del estudio se ha realizado una operacionalización de las variables de estudio, que se ha detallado objetivamente en el anexo 1 del presente trabajo de investigación. Así también se ha definido conceptualmente cada variable para tener un concepto claro de lo que se está estudiando, con lo cual se puede manipular y mejorar las propiedades que presentan falencias en los trabajos de ingeniería civil, con ello mejorar las condiciones de uso y durabilidad de las obras, en beneficio de la sociedad.

#### **Variable cuantitativa 1: Cenizas de hoja de maíz:**

**Definición conceptual:** La ceniza de maíz es un residuo de la combustión. Por lo general, parte de la ceniza permanece en el ambiente en forma de polvo y el resto se esparce en el humo (Barkhordari et al., 2022)

#### **Variable cuantitativa 2: Estabilización del suelo:**

**Definición conceptual:** La estabilización de subrasante es el uso de refuerzos geosintéticos que permiten la edificabilidad y el acceso a suelos blandos, y su uso es suficientemente comprimido para proporcionar una capacidad portante uniforme asimismo proporciona una plataforma de suelo indeformable, por lo que sirve como superficie específica del pavimento de la vía de transporte (Kumar et al., 2022)

### **3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis**

#### **Población:**

La población es una parte del universo que se presenta para el estudio de un trabajo de investigación, así mismo debe cumplir con especificaciones o características que se adecuen a lo que se ha definido en el trabajo a desarrollarse, es por ello que al realizar una experiencia de mejora o cambio significativo de las características de una variable se debe seleccionar de forma conveniente y pertinente la población de que será evaluada con fines de contrastar la hipótesis a través de la inferencia estadística, así mismo también se debe tener en cuenta los principales fenómenos que se incurre para seleccionar o desechar dicha porción del universo como población de estudio (Bernal, 2010). En ese sentido la investigación se direcciona al análisis y la mejora de la subrasante, con lo cual la población estuvo conformada por la porción de subrasante que está contenida en 1,50 kilómetros de carretera en la cual se realizó el estudio y en el cual se excluyó las porciones que no estén enmarcados en el análisis de la porción de suelo como unidad de análisis, la cual se mejoró en sus principales características tanto físicas como mecánicas.

#### **Muestra:**

La muestra es una parte específica de la población la cual presentan características de importancia para la investigación y que han quedado después de excluir e incluir fenómenos esenciales para el estudio y que tiene la particularidad de que sus características y resultados pasan por inferencia estadística para poder tener conjeturas de acuerdo a las hipótesis planteadas y que trata por todos los medios de falsear la hipótesis que previamente se ha planteado, así mismo el cálculo de la muestra se hace de acuerdo a la investigación y el mejor criterio del investigador teniendo en cuenta las directrices del método científico (Carrasco, 2013, p.237). En concordancia con lo definido por el autor se tuvo que para el presente trabajo la muestra fue la cantidad de subrasante que se aplicó el agente estabilizante que es la ceniza de hojas de maíz, la cual fue la calicata más crítica de acuerdo a los análisis del laboratorio de suelos a los que fueron sometidos las calicatas que se realizaron para dicho tramo de carretera a Yungay en investigación.

### **Muestreo:**

En relación al muestreo se presentan muestreos para las diferentes investigaciones y se tiene al muestreo probabilístico y no probabilístico, en este último se presenta al muestreo no probabilístico por conveniencia, en el cual el investigador de acuerdo a su criterio y experticia elige convenientemente la muestra para realizar todos los ensayos que se ha planteado en la investigación con la finalidad mejorar algunas características que se van a estudiar y se sigue la aleatoriedad que es seleccionada para cumplir todos los fines que dan relevancia al trabajo y que solucionan problemas específicos (Carrasco, 2013). Es así que en concordancia con lo expresado anteriormente se tiene que para el trabajo el tipo de muestreo es no probabilístico por conveniencia, en donde la muestra fue la calicata más crítica y en complementación a este muestreo se tiene a la unidad de análisis que fue la porción de subrasante que se estudió de la carretera a Yungay, Ancash.

### **Unidad de análisis:**

La unidad de análisis estuvo representada por la calicata crítica de la porción de subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, la cual se determinó para realizar los análisis correspondientes.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los trabajos de investigación al estar ligados netamente al método científico, se tiene que seguir un conjunto extenso de procedimientos con la finalidad de recolectar metódicamente los datos y la información de las variables de estudio, y que se ajusten rigurosamente al campo científico, que se complementen con las distintas teorías y realidades sociales que contribuyan hacia un desarrollo del campo de la investigación y es por ello que los instrumentos son fundamentales en la recolección de los datos para su posterior análisis y es así que se deben validar y determinar su confiabilidad de los instrumentos que pueden ser elaborados para la investigación que se lleve a cabo (Carrasco, 2013). Es así que para el presente trabajo se utilizaron diferentes técnicas tales como la revisión bibliográfica para una comprensión detallada de las variables, así también la observación directa, la cual está relacionada a describir y cuantificar los fenómenos que ocurren en relación a las variables y como instrumentos que están validados y son confiables como los

manuales de acuerdo a ASTM y sus distintas variaciones y formatos que son de uso legal y normativo a nivel mundial.

### **3.5. Procedimiento**

**Primero:** El estudio de investigación inició con la ubicación del tramo de la carretera a Yungay, con ello se identificó y determinó las calicatas que se realizaron para el análisis de la subrasante, es decir se visitó el lugar donde se realizó el proyecto, para conocer las características del lugar.

**Segundo:** Se determinó las características de la subrasante tales como la humedad, granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR del suelo de las calicatas.

**Tercero:** Se realizó las características de la ceniza de hojas de maíz para ser utilizado como agente estabilizante en la calicata crítica de la subrasante de la carretera a Yungay.

**Cuarto:** Se realizó las adiciones del 3,0%, 6,5% y 10,0% de ceniza de hojas de maíz con respecto al suelo y se analizaron las tres muestras en el laboratorio de mecánica de suelos.

**Quinto:** Se procedió con la evaluación de la variación de las características físicas y mecánicas del suelo natural con el suelo al adicionar el agente estabilizante en proporciones de 3,0%, 6,5% y 10,0% de ceniza de hojas de maíz con respecto al suelo.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Respecto al método de análisis de datos que se presenta en las investigaciones se debe seguir secuencialmente los lineamientos para la comprobación de la hipótesis a través de la manipulación de las variables, su observación y el procesamiento de los datos, es así que se direcciona al método hipotético – deductivo que sigue el método científico y con ello se centra específicamente en tener dos etapas bien definidas, en donde se analiza toda la información relacionada a la unidad de análisis y a la variable que es la respuesta al problema de investigación y que se relaciona con la mejora de las características que se estudian (Carrasco, 2013). Es

así que para la presente investigación se dividirá los datos obtenidos de la calicata crítica de la porción de subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, en una etapa de acuerdo a la estadística descriptiva y la estadística inferencial; en lo relacionado a la estadística descriptiva, se va a realizar la descripción de las variables (dependiente e independiente) mediante un software de cálculo Microsoft Excel, en lo relacionado a la estadística inferencial se utilizará una prueba de hipótesis mediante el software SPSS v.25, para llevar a cabo el contraste de la hipótesis planteada en la investigación.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para la presente investigación se respeta cabalmente el código de ética en investigación de la universidad César Vallejo, en base al artículo 3°, el cual se hace de conocimiento a la comunidad de investigación que en el transcurso del trabajo de investigación se mantendrá el pleno respeto integral de las personas en toda la amplitud de la palabra, en el cual debe cumplirse cabalmente lo que indica la constitución política del Perú, buscando en todo momento el bienestar del ser humano sin importar los intereses de la ciencia. Así también respecto al artículo 6°, se seguirá cabalmente la honestidad en todos los extremos de la investigación, desde la concepción de la idea hasta la redacción y publicación de la investigación, presentando información confiable veraz, y repetible en todo espacio tiempo. Referente al artículo 7° está dentro de los cánones del método científico y de acuerdo a las normas y directrices de la universidad y siguiendo las metodologías actualizadas, que se puedan dar el desarrollo del presente trabajo de investigación. Así mismo en el artículo 15° se redactará el informe en todos sus extremos respetando la propiedad intelectual y el respeto por el trabajo de los demás investigadores, con lo cual se buscará no solo cumplir la política antiplagio, sino hacer de ello un hábito en el desarrollo científico, y que la investigación sea más interesante de acuerdo a la solución de un problema y la generación eficiente de nuevas herramientas que sean de utilidad para la comunidad científica y para el desarrollo de la comunidad de impacto.

## IV.- RESULTADOS

### 4.1. Evaluación de la mejora de la plasticidad de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash, 2022.

Para la evaluación de la mejora de la plasticidad de la subrasante, se realizó la localización del tramo a estudiar de la carretera Yungay, en donde se realizó la extracción de 04 calicatas que se analizaron y se identificó la calicata más crítica para realizar todos los análisis de la muestra con la adición de ceniza de panca de maíz en 3%, 6.5% y 10%.

Es así que la ubicación geográfica está en la penetración de la vía Yungay – Llanganuco – Yanama – Ancash. Para ello se ha realizado el plano general como se muestra a continuación.

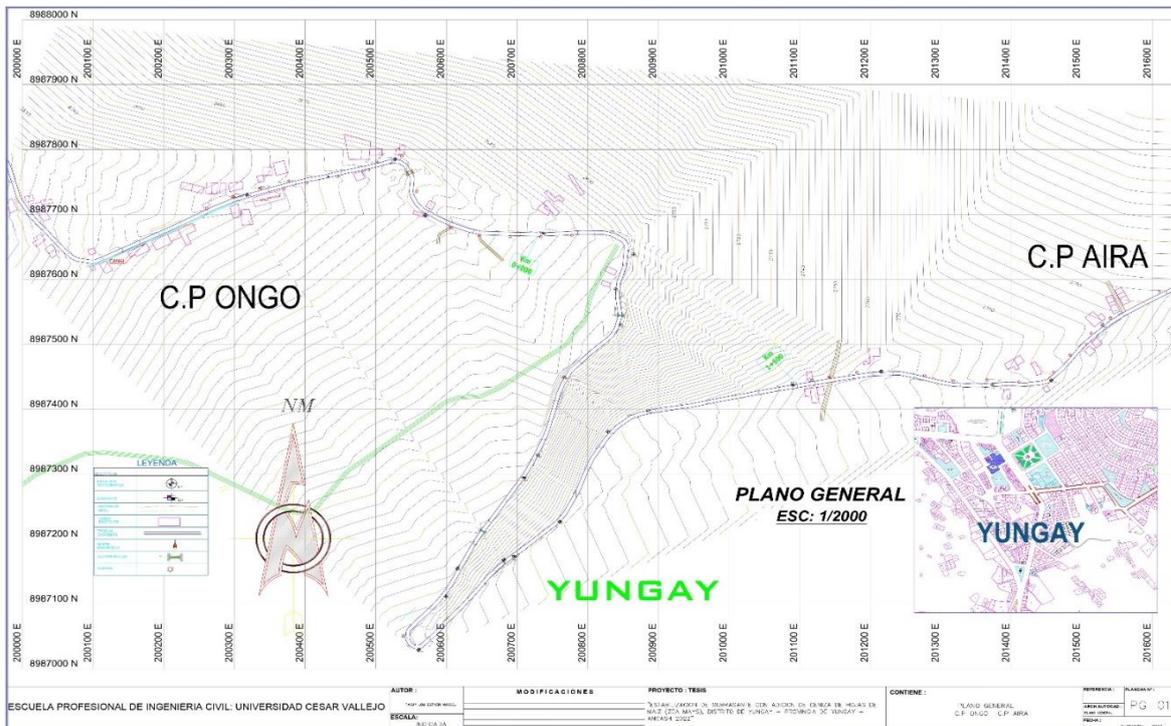
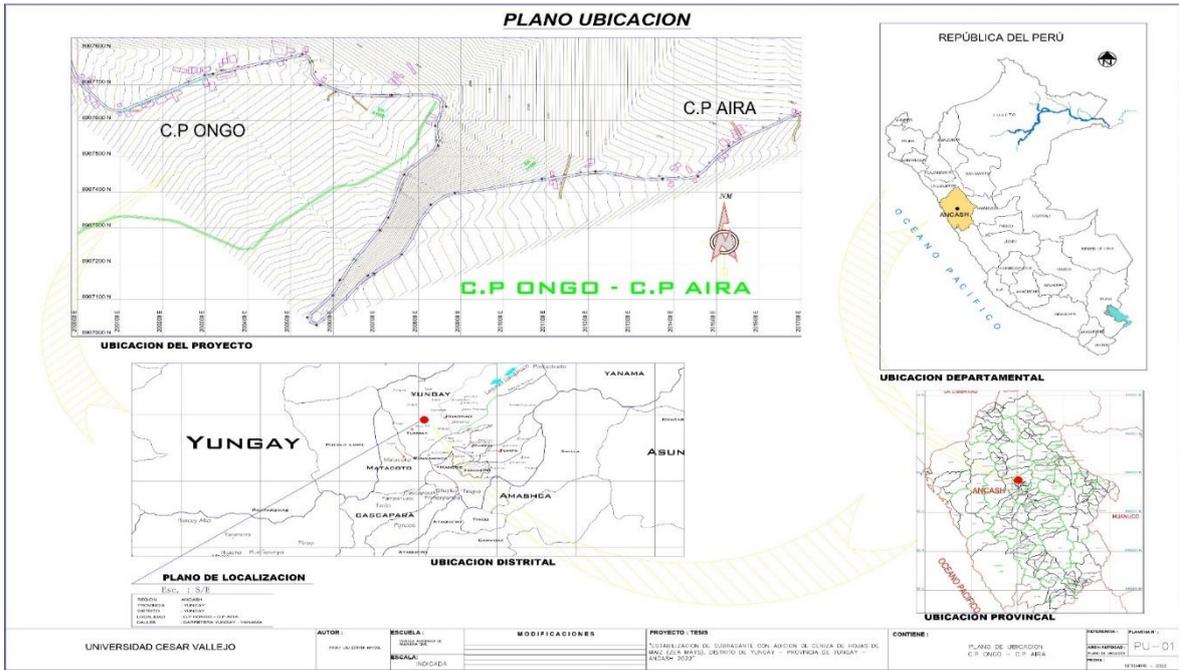


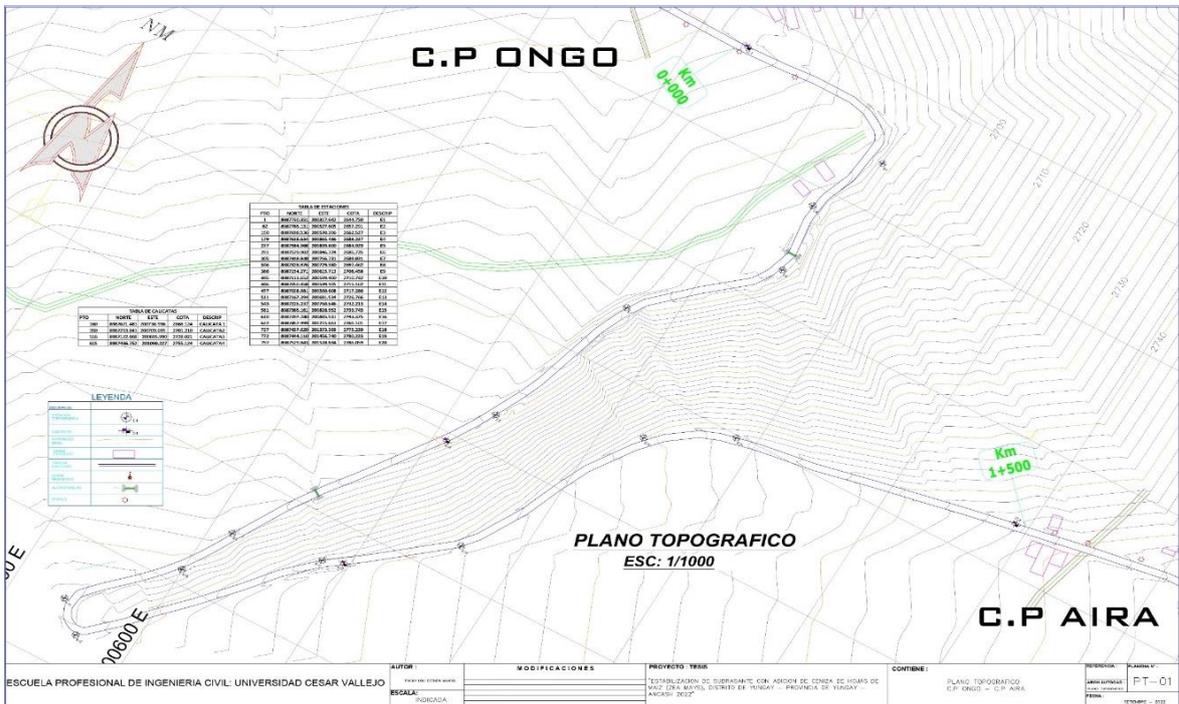
Figura 1. Plano general

Así mismo también se ha realizado el plano de ubicación de donde se han realizado las 04 calicatas para el análisis de suelo que contribuya a mejorar las condiciones de subrasante con el agente estabilizante de ceniza de hojas de panca de maíz.



**Figura 2. Ubicación del proyecto**

También se realizó la ubicación de los puntos de extracción de las muestras, las cuales fueron las calicatas C – 01, C – 02, C – 03 y C – 04.



**Figura 3. Ubicación de los puntos para la extracción de las calicatas**

En la figura se muestra la ubicación de las 04 calicatas seleccionadas para la presente investigación, para lo cual se tuvo en cuenta los diferentes

procedimientos, normativas y reglamentos vinculados al manejo de muestras de las subrasante de las vías tal como lo indica el manual de carreteras y pavimentos del ministerio de transportes y comunicaciones (MTC); cabe precisar que los 04 puntos establecidos se llevaron a cabo mediante ordenadas de 500 m, es decir, que el primer punto (calicata 01) se ubicó en la progresiva 15 + 000, el segundo punto (calicata 02) se ubicó en la progresiva 15 + 500 y el tercer punto (calicata 03) se ubicó en la progresiva 16 + 000 y el cuarto punto (calicata 04) se ubicó en la progresiva 16+500.

Para el trabajo de campo y la ubicación de la calicata más crítica se llevó a cabo la ubicación de las calicatas de estudio (4 calicatas), las cuales se ubicaron dentro de la zona de estudio (tramo 0+000 km hasta 2+000 km), utilizando la codificación C – 01, C – 02, C – 03, C – 04, para ello se procedió a ubicar los puntos establecidos en el tramo de la carretera Aira – Llanganuco, ya que actualmente en este tramo fue donde se evidenció la ausencia de análisis de suelo, es por ello que se ubicó los puntos establecidos para extraer las muestras de suelo, los cuales fueron realizados con dimensiones de 1.5 m x 0.5 m x0.5 m.



**Figura 4. Ubicación de las calicatas C – 01, C – 02, C – 03 y C – 04.**

Del mismo modo, se llevó a cabo la descripción y ubicación específica de los puntos establecidos para llevar a cabo la extracción de las muestras (suelo) en su estado natural, para ello se tuvo en cuenta las coordenadas geográficas del tramo de carretera seleccionada, así como también, las progresivas establecidas para la ubicación de cada punto (calicata) para extraer la muestra de suelo de la carretera (subrasante).

**Tabla 1. Ubicación y descripción específica de los puntos establecidos**

Calicata	Código	Progresiva	Profundidad (m)	Coordenada
01	C - 01	15+000	1.50	89°87'67.14"N
02	C - 02	15+500	1.50	89°87'72.34"N
03	C - 03	16+000	1.50	89°87'71.28"N
04	C - 04	16+500	1.50	89°87'74.67"N

Fuente: Elaborado por el autor.

Luego de realizar la descripción específica de la ubicación de los puntos y la normativa establecida para llevar a cabo la extracción de la muestra, se procedió con el trabajo de laboratorio, donde se analizó la granulometría, basado en la norma técnica peruana NTP: 339 – 132; asimismo, se realizó la clasificación de suelo en base al sistema AASHTO basado en la norma técnica peruana NTP: 339 – 135 y el sistema SUCS basado en la norma técnica peruana NTP: 339 – 134; luego se llevó a cabo el análisis de los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad), para lo cual se utilizó el MTC E – 110 y el MTC E – 111; finalmente se llevó a cabo el método de compactación Proctor modificado y el ensayo de expansión de Relación de Soporte de California (CRB).

**Granulometría ASTM 422 – MTC E 107.**

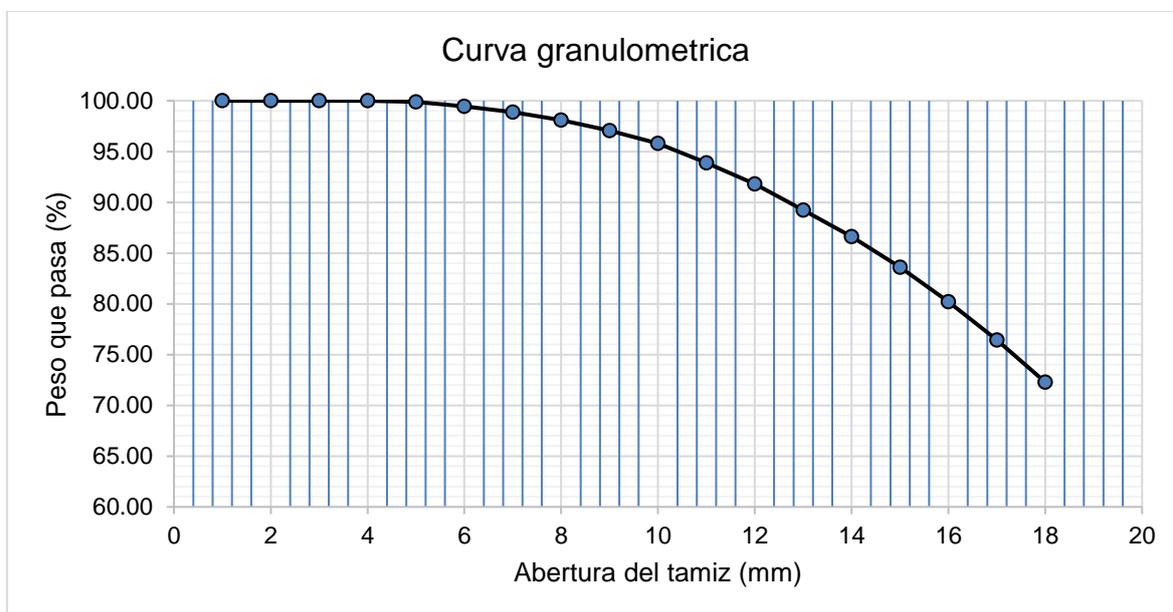
**Tabla 2. Análisis granulométrico de la C – 03**

Tamices		Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
Ø	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
2"	50.80				
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.53	2.15	0.11	0.11	99.89
Nº 4	4.76	10.72	0.57	1.13	98.87
Nº 10	2.00	19.88	1.05	2.95	97.05
Nº 40	0.43	48.49	2.57	10.75	89.25
Nº 60	0.25	57.23	3.04	16.41	83.59
Nº 80	0.18	63.63	3.38	19.79	80.21
Nº 100	0.15	71.47	3.79	23.58	76.42
Nº 200	0.07	77.98	4.14	27.72	72.28
Fondo	0.01	1362.54	72.28	100.00	0.00
Peso inicial		1885.00			

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados que se muestra en la tabla, evidencian los porcentajes que pasan por el juego de tamices realizado en el laboratorio, para ello se utilizó los tamices con diferentes diámetros de medida, de lo cual se obtuvo que el porcentaje que pasa por el tamiz Nº 200 es equivalente al 72.28%, lo cual quiere decir que el suelo según su clasificación es arcilla, tal como lo indica norma ASTM 422 – MTC 107 y

NTP 339.132, donde se detalla que si el porcentaje que pasa por el tamiz (> N° 200) tiende a ser mayor a 50% de partículas de finos que pasa por la malla, se debe dar una clasificación a este tipo de muestra como arcilla.



**Figura 5. Comportamiento de la granulometría del suelo (C – 03)**

Los resultados que se muestra en la figura, evidencia el comportamiento del porcentaje de la muestra que pasa por el tamaño del juego de tamices, donde se obtuvo que hasta el tamiz N° 3/4" el porcentaje que pasa fue de 100%; a partir del tamiz N° 3/8" empezó a formar la curvatura de retención, donde se tuvo un porcentaje que pasa de 99.89% en dicho tamiz; del mismo modo, se obtuvo un porcentaje que pasa de menor cantidad en los diferentes tamices seleccionados para realizar el análisis granulométrico, de lo cual se tuvo que el tamiz N° 200 tuvo un porcentaje que pasa de 72.28%, lo cual indica que el suelo es arcillosos, ya que el porcentaje que pasa es mayor al 50.00% de muestra que debe pasar por el tamiz N° 200, tal como lo estipula la normativa establecida.

Luego de análisis granulométrico realizado a la muestra (C- 03), se obtuvo la clasificación SUCS y AASHTO del tipo de suelo de subrasante extraída del tramo de la carretera seleccionada, para ello se procedió a utilizar la normativa NTP 339.134 relacionada a la clasificación SUCS y la normativa NTP 339.135 relacionada a la clasificación AASHTO; así mismo, se utilizó la normativa ASTM D – 2216 para determinar el contenido de humedad natural del suelo.

**Tabla 3. Clasificación del suelo (SUCS y AASHTO) en su estado natural**

Punto	Progresiva	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad
C – 03	16+000	CL	A-6 (9)	28.78

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados de la tabla evidencian la ubicación de la muestra (calicata 03), la cual se ubicó en la progresiva 16 + 000, de acuerdo a la clasificación SUCS se tuvo un tipo de suelo CL: Inorgánicos,  $LL < 50$ ;  $IP > 7$  y en relación a la clasificación ASSHTO se tuvo un tipo de suelo A-6(9) con un porcentaje que pasa mayor a 50.00% del total de muestra en el tamiz N° 200.

**Límites de Atterberg – ASTM 4318:**

A continuación se llevó a cabo el análisis de los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) del suelo en su estado natural (C – 03), para ello se tuvo en cuenta la normativa establecida para realizar los ensayos correspondientes, los cuales fueron regulados por la norma ASTM D 4318 y el reglamentos de construcciones MTC E 1090, cabe precisar que los ensayos llevados a cabo se utilizaron para determinar el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad.

**Tabla 4. Límites de Atterberg del suelo extraído**

Punto	Progresiva	Límite líquido (LL)	Límite plástico (LP)	Índice de plasticidad (IP)
C – 03	16+000	48.13	20.46	27.67

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados que se muestra en la tabla evidencian los límites de Atterberg de la muestra extraída, donde se obtuvo que el suelo en su estado natural presenta un límite líquido de 48.13%; asimismo, se obtuvo un límite plástico de 20.46% y un índice de plasticidad de 27.67%, lo cual genera que se clasifique al suelo como limo arcilloso, ya que al tener un  $IP > 7$  quiere decir que se encuentra en una plasticidad media.

### **Proctor modificado ASTM D 1557:**

Luego de realizar la caracterización física de la muestra extraída en su estado natural (calicata 03), se procedió con la caracterización mecánica del suelo, para ello se utilizó el ensayo Proctor Modificado mediante el método “A” regulado bajo la normativa ASTM D 1557, el cual utilizó la relación densidad máxima seca (g/cm<sup>3</sup>) – contenido óptimo humedad (%) con la finalidad de determinar la curva de compactación de la muestra extraída en su estado natural.

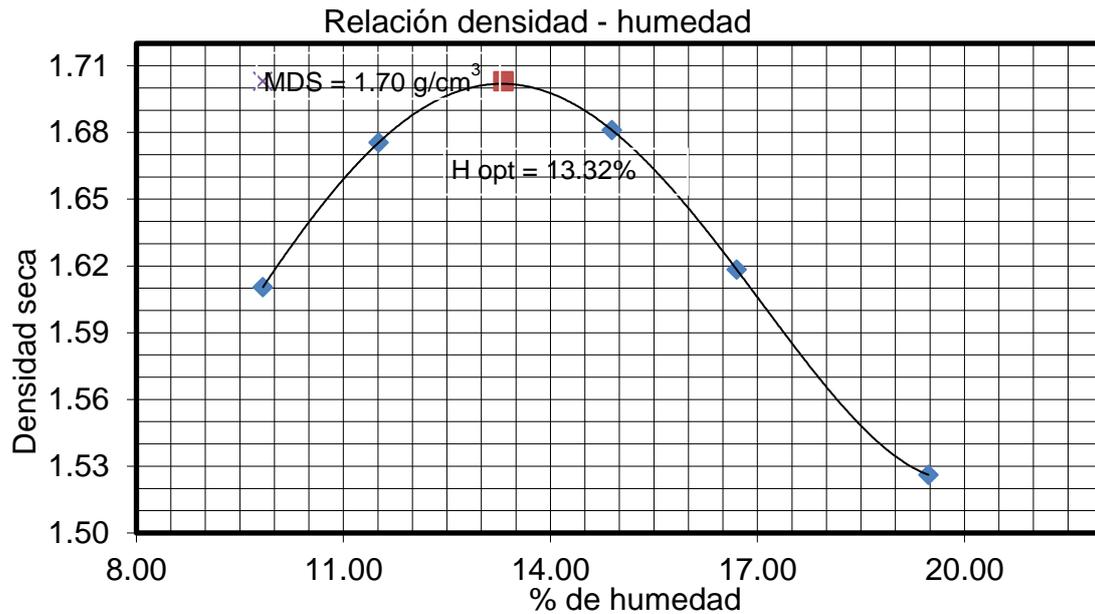
**Tabla 5. Compactación con energía modificada – Proctor modificado**

Punto	Identificación	Contenido óptimo de humedad (%)	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )
C – 03	Suelo en estado natural	13.35	1.70

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados obtenidos en la tabla evidencian los indicadores del método de compactación de la máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) y el óptimo contenido de humedad (%); de lo cual se pudo determinar que la curva de compactación llega a su punto óptimo cuando la máxima densidad seca es 1.70 g/cm<sup>3</sup> y el óptimo contenido de humedad (%) llega a un punto de 13.32%.

Del mismo modo, se procedió a realizar la curva de compactación de los puntos de contenido de humedad de las muestras analizadas, para lo cual se utilizó cinco puntos de muestras (capas) y en base a ello se llevó a cabo la determinación del contenido de humedad, el peso del martillo fue de 4540 gr y una altura de 11.45 cm; además, se tuvo un volumen de 935.61 cm<sup>3</sup>. El primer punto de contenido de humedad de la curva de compactación fue de 9.83 % y el último punto de la curva fue de 19.48 %, asimismo, la densidad seca del primer punto de la muestra extraída fue de 1.61 g/cm<sup>3</sup> y el último punto fue de 1.53 g/cm<sup>3</sup>, brindando así un punto máximo de la densidad seca de 1.70 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 13.32%, tal como se muestra en la curva de compactación de los resultados del ensayo de Proctor Modificado.



**Figura 6. Relación densidad – humedad (Proctor modificado)**

**Relación Soporte California (CBR) – ASTM D 1883.**

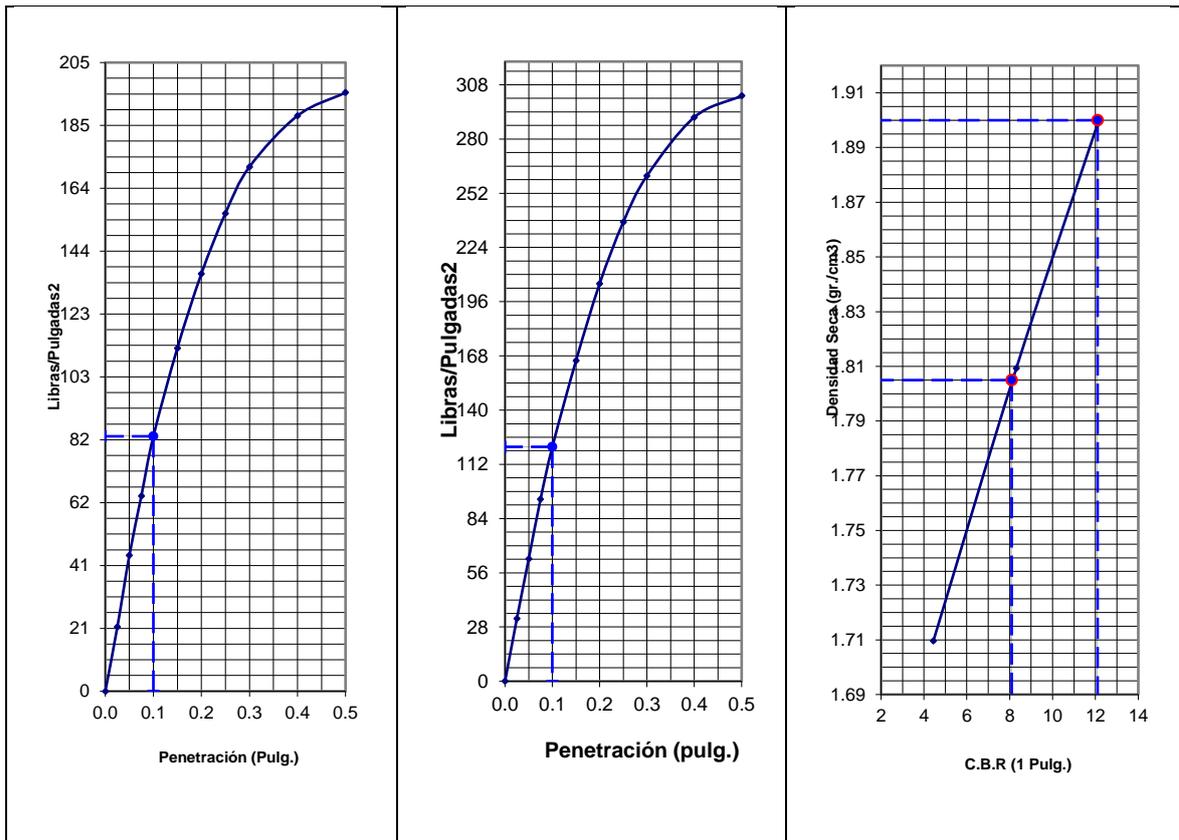
Luego de determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca, se procedió con la relación de soporte de california, para lo cual se realizó el análisis de 03 especímenes del suelo extraído en su estado natural (C – 03).

**Tabla 6. Compactación CBR fase A calicata C – 03**

Golpes	12		26		56	
	Sin mojar	Mojada	Sin mojar	Mojada	Sin mojar	Mojada
C – 03	Sin mojar	Mojada	Sin mojar	Mojada	Sin mojar	Mojada
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.96	2.01	1.96	1.97	1.89	1.95
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.67	1.67	1.70	1.70	1.75	1.75

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados de la tabla muestran la densidad de la muestra saturada y no saturada, las cuales se obtienen luego de aplicar la carga mecánica en los especímenes del suelo, para lo cual se aplicó un cierto número de golpes a la muestra (12, 26 y 56).



**Figura 7. CBR carga – penetración del suelo natural (C – 03)**

Los resultados de la figura muestran la curvatura de esfuerzo deformación que se obtiene con la carga penetración que se les aplica a las muestras de los tres moldes seleccionados, de lo cual se evidencia que la curva tiende a tener mayor esfuerzo cuando los golpes se inician con los 12 golpes, luego va incrementando el esfuerzo hasta llegar a la curvatura de los 56 golpes aplicados a la muestra.

**Tabla 7. CBR esfuerzo del suelo natural (C – 03)**

Para 0.1"		Para 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
4.95	1.67	4.03	1.67
5.12	1.70	4.37	1.70
5.96	1.75	5.07	1.75
Densidad máxima seca (g/cm <sup>3</sup> )		1.703	
CBR esfuerzo (%)		4.45	

Fuente: Elaborado por el autor.

A continuación, se procedió con la evaluación del índice de plasticidad con la adición de ceniza de panca de maíz con la dosificación de 3.0% de agente estabilizante y 97.0% de suelo en su estado natural, para ello se utilizó la prueba de ensayo de los límites de Atterberg al espécimen desarrollado en el laboratorio.

**Tabla 8. Muestra natural y el porcentaje de adición de ceniza (3%, 6.5% y 10%)**

Muestra	Composición	1° ensayo (%)	2° ensayo (%)	3° ensayo (%)
C – 03	Ceniza de panca de maíz (CPM)	3.00	6.50	10.00
	Muestra patrón	97.00	93.50	90.00

Fuente: Elaborado por el autor.

Luego de realizar la formulación de la muestra patrón y la adición del agente estabilizante (CPM) con las dosificaciones correspondientes, se procedió con la determinación de los límites de Atterberg con la finalidad de calcular el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

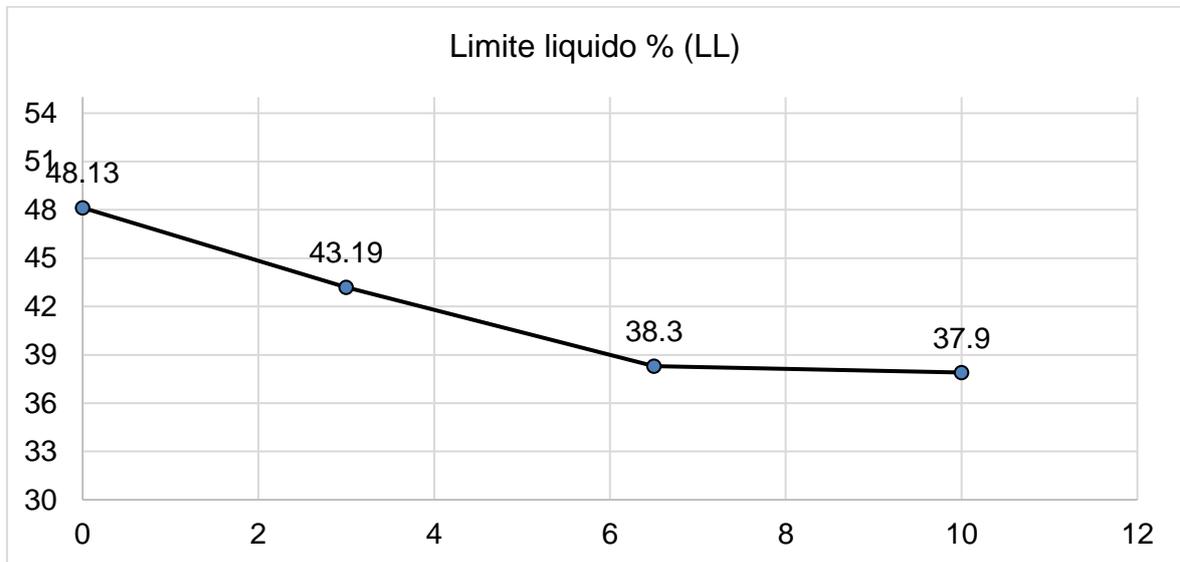
**Tabla 9. Límites de Atterberg de la muestra y la adición de cenizas**

Muestra	Composición	Límite líquido % (LL)	Límite plástico % (LP)	Índice de plasticidad % (IP)
C – 03	Patrón + 0.0% CPM	48.13	20.46	27.67
	Patrón + 3.0% CPM	43.19	23.35	19.85
	Patrón + 6.5% CPM	38.30	24.84	12.46
	Patrón + 10% CPM	37.90	28.77	9.13

Fuente: Elaborado por el autor

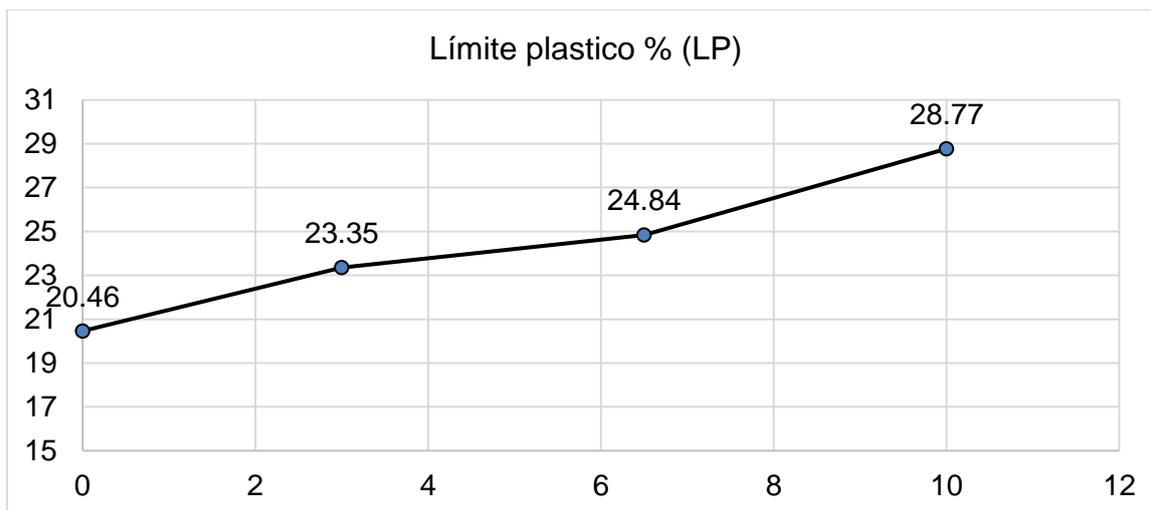
Los resultados de la tabla evidencian los indicadores de los límites de Atterberg de la muestra extraída en su estado natural y las diferentes dosificaciones (3.0%, 6.5% y 10.0%), para ello se inició determinando en límite líquido (LL) de los diferentes ensayos; en relación a la muestra de suelo natural se obtuvo un límite líquido de 48.13%; para la muestra del suelo natural y la adición de 3.0% de ceniza de panca de maíz se obtuvo un límite de líquido de 43.19%; asimismo, se tuvo un límite líquido de 38.30% para el suelo natural y adición de 6.5% de ceniza de panca de maíz; finalmente respecto a la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz al suelo natural, se obtuvo un límite líquido de 37.90%. De otro lado, se determinó el límite plástico del suelo natural donde se obtuvo un límite plástico de 20.46%; así mismo, se obtuvo un límite plástico de 23.45% para la composición de suelo natural

y adición de 3.0%; respecto al suelo natural y la adición de 6.5% de ceniza de panca de maíz se obtuvo un límite plástico de 24.84%; finalmente se obtuvo un límite plástico de 28.77% para la composición de 10.0% de ceniza y suelo natural.



**Figura 8. Mejora del límite líquido de la muestra de subrasante**

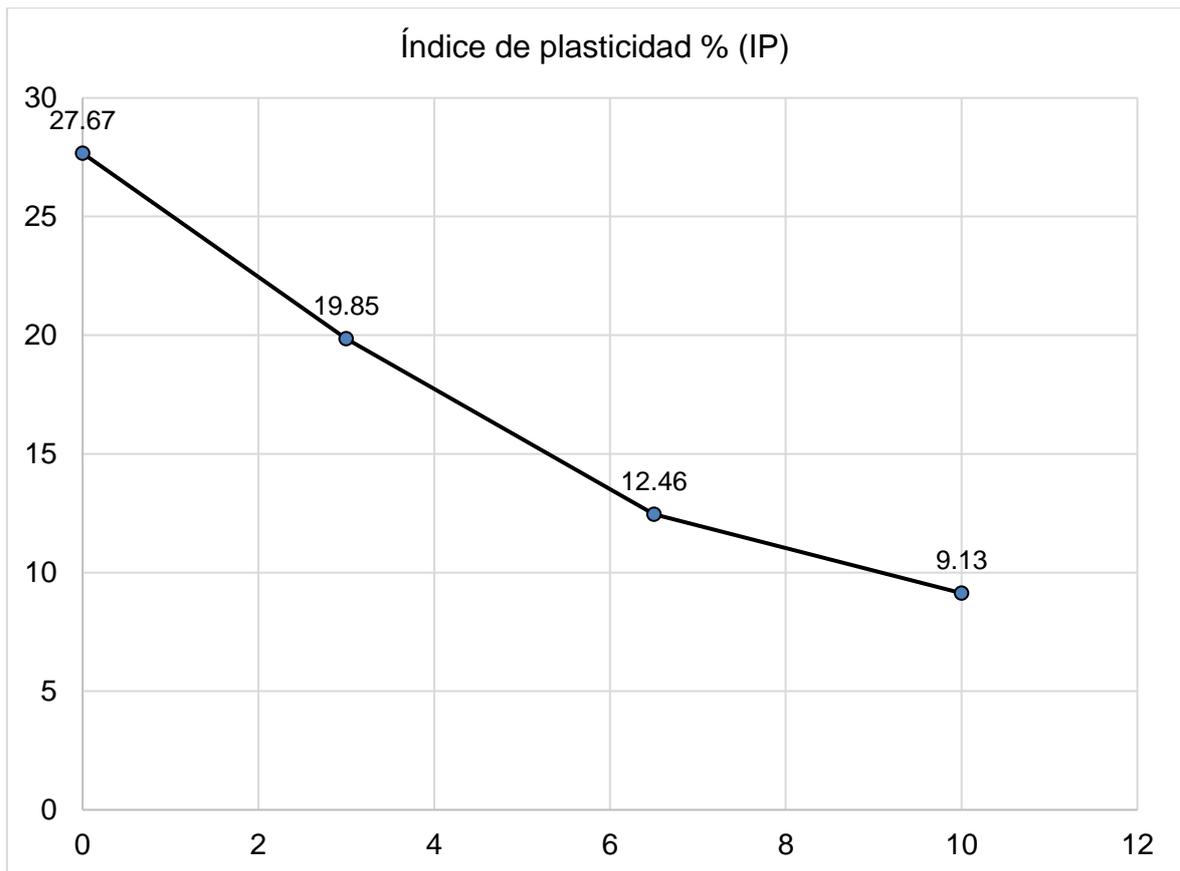
Del mismo modo, se procedió a evaluar la influencia del límite plástico del suelo natural y la adición de la ceniza de panca de maíz con las dosificaciones de 3.0%, 6.5% y 10.0%, de lo cual se pudo evidenciar que el comportamiento de la curva del límite líquido se va reduciendo a modo de que se vaya agregando una mayor cantidad de la ceniza de panca de maíz, asimismo se pudo evidenciar que al momento de llegar a un punto donde la curva se va estabilizando (límite líquido 38.3% - límite líquido 37.9%), es decir, se va convirtiendo en una recta, debido a la mejora de las características físicas y mecánicas de la muestra de suelo de subrasante extraído del tramo de carretera seleccionada para realizar el tratamiento experimental mediante los ensayos de caracterización física de los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad).



**Figura 9. Mejora del límite plástico del suelo de subrasante**

Los resultados de la figura evidencian el comportamiento del límite plástico de la muestra patrón y el suelo con la adición de cenizas de panca de maíz (3.0%, 6.5% y 10.0%), de lo cual se puede observar en la curva va incrementado mientras se va agregando mayores proporciones del agente estabilizante (CPM), lo cual genera que se vaya obteniendo una mejora en el límite plástico, tal como se muestra en la figura con el suelo en su estado natural donde se obtuvo un límite plástico de 20.46% y con la adición de 3.0% de adición de ceniza de panca de maíz se obtuvo un límite plástico de 23.35%, asimismo, al agregar 6.5% de ceniza de panca de maíz al suelo natural se obtuvo un límite plástico de 24.84%, finalmente con la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz a la muestra de suelo natural se obtuvo un límite plástico de 28.77%, lo cual quiere decir que a mayor adición del agente estabilizante se logra mejorar las condiciones físicas del suelo.

Del mismo modo, se procedió a determinar el índice de plasticidad del suelo en su estado natural y la muestra con adición de diferentes dosificaciones de ceniza de panca de maíz (3.0%, 6.5% y 10.0%), para ello se tuvo como procedimiento esencial determinar el límite líquido y el límite plástico, ya que el índice de plasticidad es la diferencia entre estos dos ensayos realizados a la muestra extraída del tramo de la carretera.



**Figura 10. Mejora del índice de plasticidad del suelo de subrasante**

Así mismo, se llevó a cabo el comportamiento del índice de plasticidad de la muestra patrón y la adición del agente estabilizante en diferentes dosificaciones (3.0%, 6.5% y 10.0%), de lo cual se obtuvo una reducción del índice de plasticidad de 27.67% de la muestra en su estado natural hasta un índice de plasticidad de 9.13% con la composición de suelo natural y la adición de ceniza de panca de maíz al 10.0%, tal como se puede observar en la curva de la figura donde se analiza el comportamiento de los datos a medida que se va agregando la ceniza de panca de maíz, donde se obtuvo que en los últimos puntos la curva tiende a ser constante, ya que el suelo va mejorando su caracterización física con la adición del agente estabilizante (ceniza de panca de maíz).

Por otro lado, se procedió con el análisis de la variación porcentual que se obtiene con la adición del agente estabilizante (ceniza de panca de maíz), para ello se tuvo como punto de inicio el índice de plasticidad de la muestra de suelo natural y posterior a ello se fue evaluando el comportamiento que se obtiene en el índice de

plasticidad con la adición de la ceniza de panca de maíz con dosificaciones de 3.0%, 6.5% y 10.0%.

**Tabla 10. Resultado de la mejora del índice de plasticidad**

Composición	Límite líquido % (LL)	Límite plástico % (LP)	Índice de plasticidad % (IP)	% disminución del IP
Patrón + 0.0% CPM	48.13	20.46	27.67	0.000
Patrón + 3.0% CPM	43.19	23.35	19.85	28.26
Patrón + 6.5% CPM	38.3	24.84	12.46	54.97
Patrón + 10% CPM	37.9	28.77	9.13	67.00

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados de la tabla evidencian la variación que existe en el índice de plasticidad, donde se pudo observar que a medida que se va agregando el agente estabilizante (ceniza de panca de maíz) el índice de plasticidad también empieza a disminuir, es por ello que al agregar el 3.0% de ceniza de panca de maíz al suelo en su estado natural se obtiene una disminución de 28.26% del índice de plasticidad; asimismo, al agregar el 6.5% de ceniza de panca de maíz en la muestra patrón, se obtiene una disminución de 54.97% del índice de plasticidad; del mismo modo, se obtiene una disminución de 67.00% del índice de plasticidad de la muestra patrón con la adición de ceniza de panca de maíz al 10.0% de dosificación; evidenciando una disminución del índice de plasticidad de la muestra patrón y la adición del agente estabilizante. Cabe precisar que la variación en la disminución del índice de plasticidad de evidencia con mayor amplitud en la medida que se agrega una menor cantidad de ceniza de panca de maíz, pero al momento de adicionar mayor proporción del agente estabilizante la amplitud empieza a disminuir, lo cual indica que la muestra de suelo natural empieza a mejorar sus características físicas.

Posterior a ello, se procede a llevar a cabo el análisis de la caracterización mecánica del suelo en su estado natural y la adición del agente estabilizante (ceniza panca de maíz) con proporciones de 3.0%, 6.5% y 10.0%, para lo cual se procedió a realizar diferentes ensayos de compactación (Proctor Modificado), expansión y relación de esfuerzo penetración (CBR); los cuales se encargan de evaluar las condiciones mecánicas de la muestra patrón y sus diferentes ensayos realizados.

#### 4.2. Evaluación de la mejora en la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash, 2022.

A continuación, se procedió a evaluar la consistencia mecánica del suelo mediante la adición de un agente estabilizante (ceniza de panca de maíz) con dosificaciones de 3.0%, 6.5% y 10.0%, para ello se realizó el ensayo de Proctor modificado ASTM D- 1557 para la determinación del óptimo contenido de humedad (%) y la densidad máxima seca ( $\text{g/cm}^3$ ), con la finalidad de obtener el equilibrio óptimo entre estos dos indicadores de la muestra patrón y los diferentes ensayos realizados en el laboratorio.

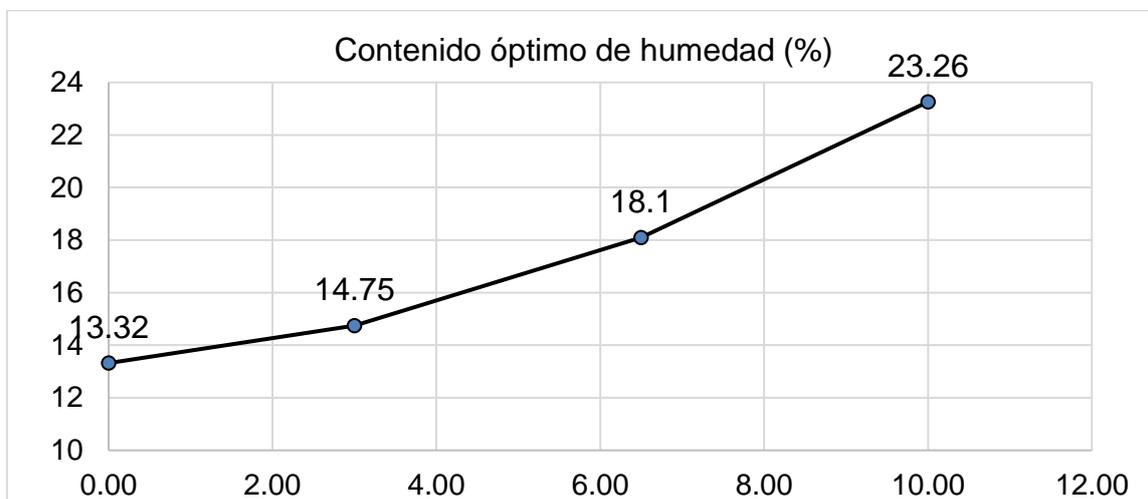


Figura 11. Variación del óptimo contenido de humedad (%) de la subrasante

Los resultados de la figura evidencian el comportamiento de la curva del contenido óptimo de humedad de la muestra en su estado natural y la adición de ceniza de panca de maíz en diferentes dosificaciones (3.0%, 6.5% y 10.0%), de lo cual se pudo observar que a medida que se va agregando el agente estabilizante la curva también va aumentando, lo cual quiere decir que a mayor adición de ceniza de panca de maíz la muestra experimental va obteniendo mayor contenido de agua en su composición.

Del mismo modo, se procedió a determinar la máxima densidad seca de la muestra y su adición de ceniza de panca de maíz con composición de 3.0%, 6.5% y 10%, los cuales se muestran en la curva de muestras experimentales que se detallan a continuación.

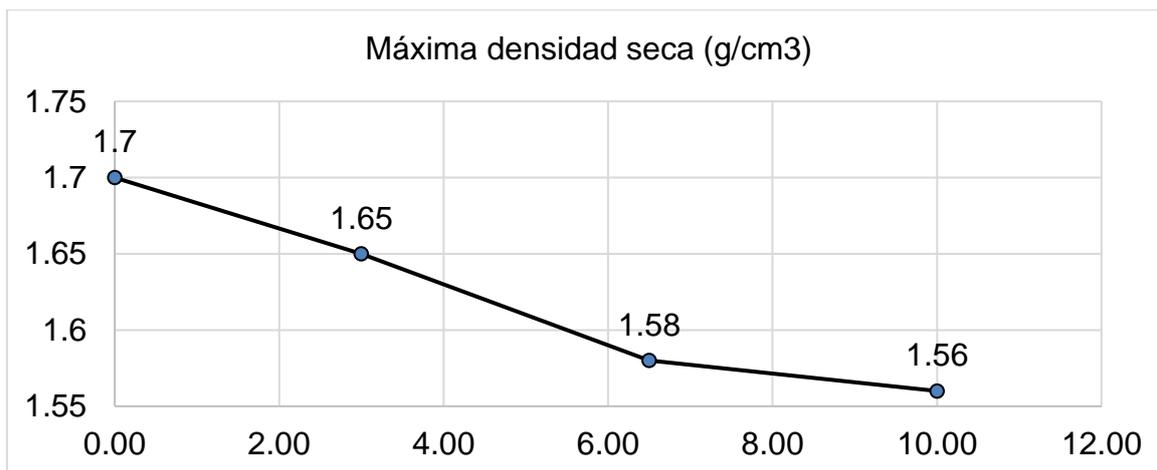


Figura 12. Variación de la máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) de la subrasante

Los resultados de la figura evidencian el comportamiento de la máxima densidad seca que se obtienen en los ensayos realizados de la muestra patrón y la adición de ceniza de panca de maíz en sus diferentes dosificaciones (3.0%, 6.5% y 10.0%), donde se evidenció que las densidades del suelo van disminuyendo a mayor adición del agente estabilizante.

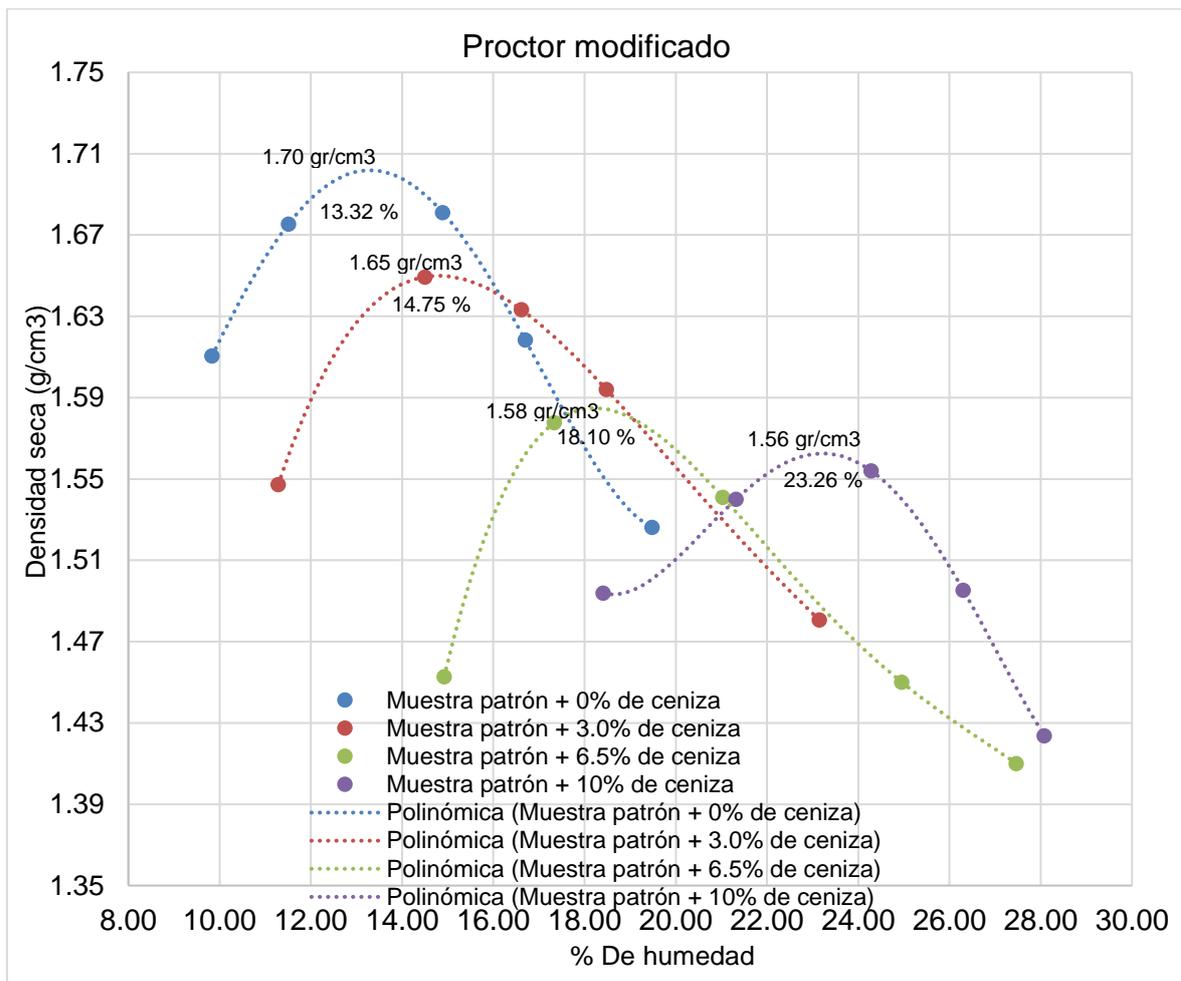
Del mismo modo, se procedió a llevar a cabo el ensayo de compactación Proctor modificado, para lo cual se estableció las pruebas del suelo en su estado natural y luego con la adición de ceniza de panca de maíz, asimismo, se estableció en número de golpes establecido por capa (25 golpes) y 5 capas, de lo cual se determinó la densidad húmeda y la densidad seca.

**Tabla 11. Evaluación del ensayo de Proctor modificado**

Muestra	Composición	Contenido óptimo de humedad (%)	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )
C – 03	Patrón + 0.0% CPM	13.32	1.70
	Patrón + 3.0% CPM	14.75	1.65
	Patrón + 6.5% CPM	18.10	1.58
	Patrón + 10% CPM	23.26	1.56

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados de la tabla muestran que mientras mayor sea el contenido de humedad menor será la máxima densidad seca, ya que el agente estabilizante logra mejorar las características mecánicas del suelo de subrasante extraído.



**Figura 13. Comportamiento de las curvas Proctor Modificado de la muestra**

En la figura se muestra el comportamiento de las curvas del comportamiento del ensayo Proctor modificado (compactación), de los cual se pudo evidenciar que la muestra patrón en su estado natural obtuvo una densidad máxima seca de 1.70 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo de contenido de humedad de 13.32%; respecto a la muestra patrón y la adición de 3.0% de ceniza de panca de maíz, obtuvo una máxima densidad seca de 1.65 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 14.75%; en relación a la muestra patrón y la adición de 6.5% de ceniza de panca de maíz se obtuvo una máxima densidad seca de 1.58 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 18.10%; así mismo, en relación a la muestra patrón y la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz, se obtuvo una máxima densidad seca de 1.56 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad de 23.26%, los cual evidencia la mejora de las características mecánicas del suelo que fue sometido a los ensayos.

**4.3. Determinación de la variación en el índice CBR de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Ancash, 2022**

A continuación, se procedió a detallar la relación soporte de california (CBR) de la muestra de suelo natural y la adición de ceniza de panca de maíz con porcentajes de 3.0%, 6.5% y 10.0%, para ello se el ensayo de esfuerzo penetración fase “C” (CBR), donde se tuvo a tres moldes con diferentes golpes de compactación del ensayo de penetración.

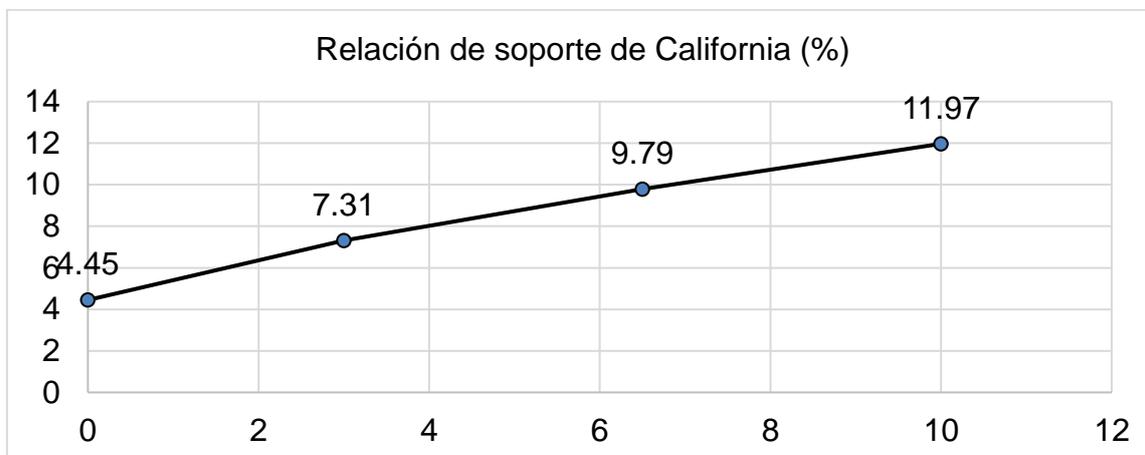
**Tabla 12. CBR de esfuerzo de penetración de la muestra**

Muestra C – 03	Suelo + 3.0%		Suelo + 6.5%		Suelo + 10.0%	
	CPM		CPM		CPM	
Penetración (´´)	0.1”	0.2”	0.1”	0.2”	0.1”	0.2”
CBR (%)	8.65	7.31	10.18	9.79	13.04	11.97
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.65	1.58	1.58	1.56	1.56

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados de la tabla muestran la relación de soporte de esfuerzo (CBR), donde se puede evidenciar que para la composición de suelo natural y adición de 3.0% de la ceniza de panca de maíz se obtiene un CBR de 8.65% para 0.1” de penetración y un CBR de 7.31% para 0.2” de penetración con una densidad máxima seca de 1,65 g/cm<sup>3</sup>; asimismo, para la composición de suelo natural y adición de 6.5% de ceniza de panca de maíz se obtuvo un CBR de 10.18% para 0.1” de penetración y un CBR de 9.79% para 0.2” de penetración con una densidad máxima seca de 1.58 g/cm<sup>3</sup>; respecto a la composición de suelo natural y la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz se obtuvo un CBR de 13.04% para 01” de penetración y un CBR de 11.97% para 0.2” de penetración con una máxima densidad seca de 1.56 g/cm<sup>3</sup>, lo cual quiere decir que a mayor agente estabilizante el CBR también tiene tendencia a incrementarse, los cual se puede evidenciar en la evaluación de la curva CBR que se realiza a continuación.

Así mismo, se procedió a evaluar la variación del índice CBR de la muestra natural y la adición de ceniza de panca de maíz con porcentajes de composición de 3.0%, 6.5% y 10.0%.



**Figura 13. Mejora del índice CBR de la muestra de suelo de subrasante.**

Los resultados de la figura muestran el comportamiento de la curva CBR de los ensayos realizados en la muestra patrón y la adición de diferentes porcentajes de dosificación (3.0%, 6.5% y 10.0%), de lo cual se pudo evidenciar que la curva tiene tendencia positiva mientras se va adicionando la ceniza de panca de maíz, es decir, que el suelo va obteniendo mejoras en su composición mecánica, logrando llegar a un CBR de 11.97% con adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz.

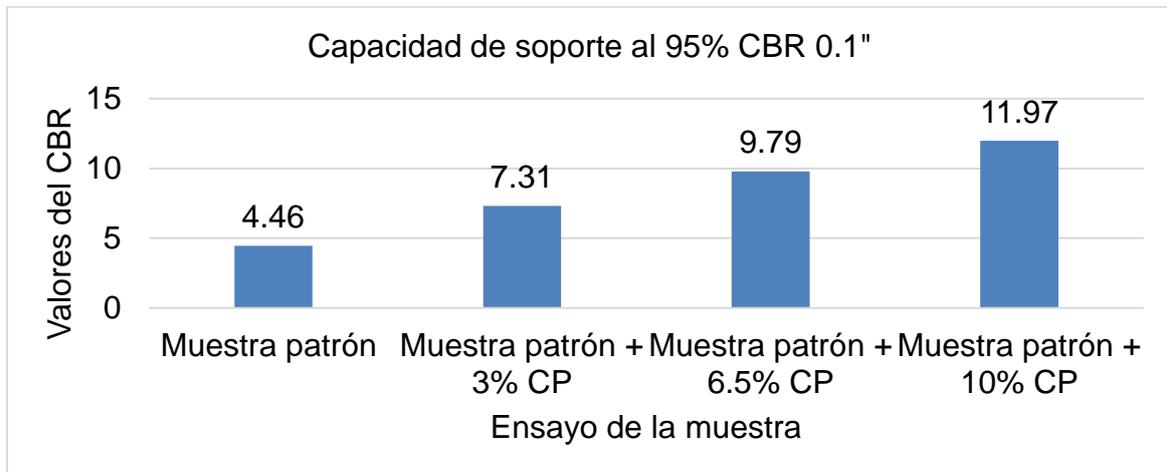
**Tabla 13. Mejora de índice CBR de la muestra de suelo analizada.**

Adición de ceniza (%)	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Relación de soporte de California (%)	Variación del índice CBR (%)
0.00	1.70	4.45	0.00
3.00	1.65	7.31	64.27
6.50	1.58	9.79	120.00
10.00	1.56	11.97	168.99

Fuente: Elaborado por el autor.

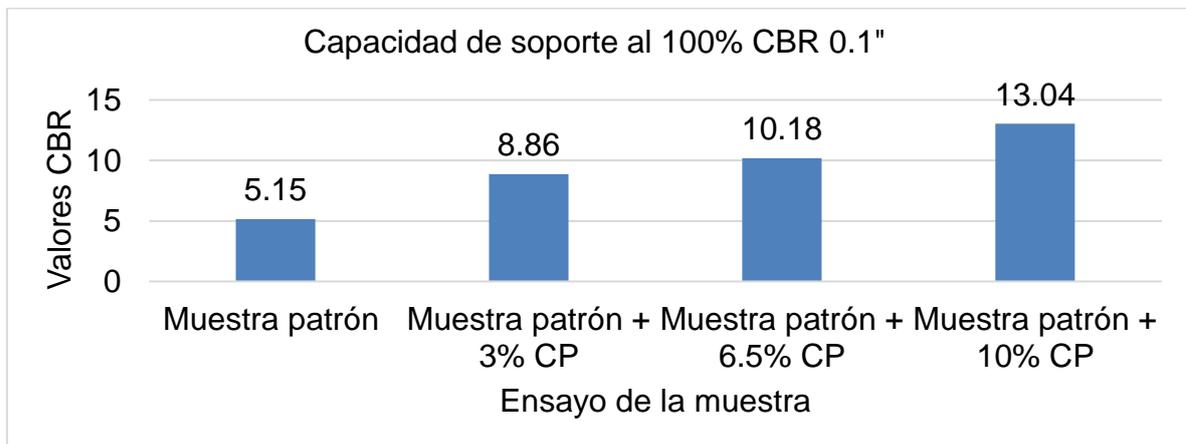
Los resultados de la tabla muestran la mejora que se obtiene en las características mecánicas del suelo, donde se pudo evidenciar que al adicionar 3.0% de ceniza de panca de maíz se logra obtener una mejora de 64.27%; asimismo, al adicionar 6.5% de ceniza de panca de maíz se obtiene una mejora de 120.0% y al adicionar 10.0%

de ceniza de panca de maíz al suelo natural, se obtiene una mejora de 168.99% en la relación de soporte de california de la muestra patrón.



**Figura 14. Mejora de la capacidad de soporte al 95% CBR 0.1”.**

En la figura se muestra la mejora de la capacidad de soporte de la muestra patrón que se utilizó para llevar a cabo los ensayos de caracterización física y mecánica, obteniendo una mejora considerable con la adición de ceniza de panca de maíz ya que la muestra evidenció una capacidad de soporte al 95% CBR 0.1” de 4.46% y logró obtener una capacidad de soporte al 95% CBR 0.1” de 11.97% con la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz.



**Figura 15. Mejora de la capacidad de soporte al 100% CBR 0.1”.**

Así mismo, se evidenció una mejora de la capacidad de soporte al 100.0% CBR 0.1”, el cual evidenció un CBR en la muestra patrón de 5.15%, logrando una mejora significativa con la adición de ceniza de panca de maíz, llegando a una capacidad de soporte al 100% CBR 0.1” de 13.04% con la adición del 10.0% de ceniza de panca de maíz.

## Contraste de hipótesis

### Hipótesis general:

Para realizar el contraste de hipótesis, se llevó a cabo la evaluación estadística de los resultados obtenidos, para ello se utilizó los datos de los ensayos de límites de Atterberg, Proctor Modificado y Relación de Soporte de California (CBR), aplicado a la muestra patrón (suelo natural) y las muestras con la adición de ceniza de panca de maíz en dosificaciones de 3.0%, 6.5% y 10.0%, de lo cual se obtuvo que la adición de ceniza de panca de maíz con las diferentes dosificaciones mejora las condiciones físicas y mecánicas (estabiliza) del suelo en su estado natural, para ello se procedió a plantearse la hipótesis general:

**Ho:** La adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, no mejora su propiedad física y mecánica entre un 35% a 65% ( $p \geq 0.05$ ).

**Hi:** La adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, va a mejorar su propiedad física y mecánica entre un 35% a 65% ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 14. Significancia de las propiedades físicas de la muestra de subrasante**

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Propiedades físicas	4,188	3	,025	17,27750	4,1491	30,4059

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados de la tabla muestran la significancia estadística de la mejora de las propiedades físicas de la muestra patrón, donde se evidenció una T tabla de 2.53 < T calculado de 4.188, lo cual quiere decir que la hipótesis de investigación (Hi) se encuentra ubicada en la zona de aceptación, ya que la hipótesis nula (Ho) se encuentra ubicada en la zona de rechazo, además, se tiene una significancia bilateral (p) de  $0.025 < 0.05$ , lo cual corrobora la significancia estadística y se comprueba que adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y

10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, logra mejorar su propiedad física.

Del mismo modo, se llevó a cabo la evaluación de significancia estadística de la mejora de las propiedades mecánicas de la muestra y la adición de ceniza de panca de maíz con dosificaciones de 3.0%, 6.5% y 10.0%.

**Tabla 15. Significancia de las propiedades mecánicas de la muestra de subrasante**

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Propiedades mecánicas	5,175	3	,014	8,38000	3,2266	13,5334

Fuente: Elaborado por el autor.

Los resultados de la tabla muestran la significancia estadística de la mejora de las propiedades físicas de la muestra patrón, donde se evidenció una T tabla de 2.53 < T calculado de 4.188, lo cual quiere decir que la hipótesis de investigación (Hi) se encuentra ubicada en la zona de aceptación, ya que la hipótesis nula (Ho) se encuentra ubicada en la zona de rechazo, además, se tiene una significancia bilateral (p) de  $0.025 < 0.05$ , lo cual corrobora la significancia estadística y se comprueba que adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, logra mejorar su propiedad física.

## V.- DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación evidencian que existe una mejora en la muestra patrón del suelo extraído del tramo de la carretera de subrasante, de lo cual se muestra la significancia estadística de la mejora de las propiedades físicas de la muestra patrón, donde se evidenció una T tabla de  $2.53 < T$  calculado de 4.188, lo cual quiere decir que la hipótesis de investigación ( $H_i$ ) se encuentra ubicada en la zona de aceptación, ya que la hipótesis nula ( $H_o$ ) se encuentra ubicada en la zona de rechazo, además, se tiene una significancia bilateral ( $p$ ) de  $0.025 < 0.05$ , lo cual corrobora la significancia estadística y se comprueba que adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, logra mejorar su propiedad física, es así que Kumar y Harika (2021), en su investigación utilizaron técnicas e instrumentos como los métodos de Límites de Atterberg y la relación de carga de California (CBR), donde obtuvieron como resultados que el valor de CBR aumentó en 6,0% respecto a su valor inicial con 10% de cenizas volantes y la resistencia a la compresión no confinada aumenta en 49,30% respecto al valor inicial, utilizando una dosificación de cenizas volantes en valores hasta el 10% para mejorar significativamente las propiedades físicas y mecánicas de una subrasante con fines de pavimentación y diversas obras de construcción, es allí donde se tuvieron datos similares, ya que se logró mejorar las características mecánicas del suelo, donde se pudo evidenciar que al adicionar 3.0% de ceniza de panca de maíz se logra obtener una mejora de 64.27%; asimismo, al adicionar 6.5% de ceniza de panca de maíz se obtiene una mejora de 120.0% y al adicionar 10.0% de ceniza de panca de maíz al suelo natural, se obtiene una mejora de 168.99% en la relación de soporte de california de la muestra patrón

Respecto a la evaluación de la mejora de la plasticidad de la subrasante en la carretera a Yungay con la adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) se pudo observar que a medida que se va agregando el agente estabilizante (ceniza de panca de maíz) el índice de plasticidad también empieza a disminuir, tal como se muestra en los ensayos realizados, donde al agregar el 3.0% de ceniza de panca de maíz se obtuvo una disminución de 28.26%, con la adición de 6.5% de ceniza

de panca de maíz se obtuvo una disminución de 54.97% y al agregar 10.0% de ceniza de panca de maíz se obtuvo una disminución de 67.00% del índice de plasticidad, es así que se llegó a coincidir con los resultados obtenidos en la investigación de Adeyanju et al., (2020), en donde utilizaron agentes estabilizantes para mejorar las características físicas y mecánicas, se mezclan con el suelo en proporciones variables de 7,5 a 15 % para estabilización. Usando CK, lo que resultó en una mejora mecánica usando ambos sujetadores. Los investigadores incluyeron CKD como material adicional para reducir el activador, por lo que concluyeron que la estabilidad desarrollada con 10% CKD y geopolímero (8% RHA y 10% CKD) era óptima. En ese mismo sentido se concordó con los autores Cobos, Ortegón y Peralta (2019), los autores han tenido como objetivo evaluar la conducta geotécnica de suelos de procedencia volcánico estabilizados con ceniza perteneciente cáscara de coco y cisco de café. La metodología es de tipo aplicada, de tipo descriptiva y experimental, obtenida a partir de los resultados de los estudios, notó cambios significativos en sus propiedades mecánicas, que indican que la simple compactación del suelo no tiene la capacidad portante suficiente para soportar una determinada carga. Cambiar el método del estabilizador aumenta su compactación y mejora su capacidad portante rápidamente, de lo cual concluyeron que el estabilizador obtenido a través de las cenizas CCF y CCO tiene propiedades estimulantes de la aglomeración y esto es lo que hace que mejoren las principales propiedades del suelo, por eso el suelo consta de 6 %, y se ha demostrado que al agregar 15,00 % se obtiene un grado de compactación superior al promedio y en muchos casos superior al 100,00 % de las propiedades físico-mecánicas del suelo estabilizado así se coincide con el autor Vilca (2021), el cual en su investigación llevó a cabo la estabilización de suelos expansivos adicionando ceniza de mazorca de maíz, para lo cual utilizaron los formatos para la granulometría, los límites de Atterberg y la relación de California (CBR), con lo cual obtuvo como resultado que la plasticidad se redujo en un 42,00% respecto al valor inicial, así mismo determinaron que el CBR del suelo se mejoró en un 62% para una adición del 8% respecto a la subrasante

Respecto a la mejora de la densidad seca curvas del comportamiento del ensayo Proctor modificado (compactación), de los cual se pudo evidenciar que la muestra

patrón en su estado natural obtuvo una densidad máxima seca de  $1.70 \text{ g/cm}^3$  y un óptimo de contenido de humedad de 13.32%; respecto a la muestra patrón y la adición de 3.0% de ceniza de panca de maíz, obtuvo una máxima densidad seca de  $1.65 \text{ g/cm}^3$  y un óptimo contenido de humedad de 14.75%; en relación a la muestra patrón y la adición de 6.5% de ceniza de panca de maíz se obtuvo una máxima densidad seca de  $1.58 \text{ g/cm}^3$  y un óptimo contenido de humedad de 18.10%; así mismo, en relación a la muestra patrón y la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz, se obtuvo una máxima densidad seca de  $1.56 \text{ g/cm}^3$  y un óptimo contenido de humedad de 23.26%, los cual evidencia la mejora de las características mecánicas del suelo que fue sometido a los ensayos, con lo cual se obtuvieron resultados similares al trabajo desarrollado por Ojeda, Mendoza y Baltazar (2018) que en su investigación utilizaron tres tipos de estabilizantes para determinar su el efecto de un agente estabilizador como la ceniza de bagazo (CBCA) como sustituto parcial del cemento Portland compuesto (CPC) para mejorar las propiedades del cemento granular y su aplicación en suelos arenosos. Y el método de aplicación, y con ello se obtuvieron mejoras al suelo en propiedades compresivas, resistencia a la compresión y CBR, hasta un 25% de reducción en el consumo de CPC, de lo cual concluyeron que el uso de CBCA como sustituto parcial del cemento para mejorar las propiedades mecánicas del suelo para la construcción de capas estructurales en carreteras. Las tasas del 25 % y el 50 % muestran una mejora en la resistencia a la compresión, resistencia a la compresión menor y prueba de CBR, en relación a la investigación se pudo coincidir con los resultados, ya que al realizar la evaluación de la mejora de la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera a Yungay con la adición de hojas de maíz (Zea Mays), se pudo observar que las densidades del suelo van disminuyendo a mayor adición del agente estabilizante llegando a un punto de  $1.56 \text{ g/cm}^3$  con la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz. Así mismo Montejo, Raymundo y Chávez (2019), coinciden con los resultados obtenidos, para dicho trabajo se plantearon como objetivo determinar la estabilización con ceniza de cáscara de arroz como alternativas de remoción de lodos y mejoramiento de suelos, para lo cual utilizaron un método de estudio descriptivo con un diseño de estudio no experimental, para lo cual obtuvieron resultados que se reflejan en los formularios que desarrollaron y luego discutieron y comparándolo con los estudios que se

tomaron como referencia, donde estabilizadores como la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) aumentaron la capacidad portante del suelo y así llegaron a la conclusión de que la investigación de los materiales estudiados como estabilizador (CCA) es beneficioso, para estabilización de suelos y por lo tanto uso como subrasante mejorada en carreteras, debido a las mejores propiedades del suelo.

Respecto a la determinación de la variación en el índice CBR de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de panca de maíz, se pudo evidenciar que la curva tiene tendencia positiva mientras se va adicionando la ceniza de panca de maíz, es decir, que el suelo va obteniendo mejoras en su composición mecánica, logrando llegar a un CBR de 11.97% con adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz, es allí que se pudo coincidir con la investigación de Terrones (2019), en su tesis de investigación titulada “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018”, para ello se planteó como objetivo determinar los efectos de estabilizantes como la ceniza de bagazo (CBCA) adicionada en dosis del 5%, 10% y 15% respecto al peso seco, que actúan directamente sobre el material arcilloso del suelo sobre la estabilidad de la zona de Barraza, y es por ello. Con base en una metodología a la que se aplica el tipo de estudio y una estimación de estudio empírico, es claro que agregar un 15% de ceniza de bagazo (CBCA) a la muestra de suelo satisface los requisitos descritos en el manual, ya que tiene una resistencia promedio de 150,60 kPa y un CBR de 23,67%, lo que nos lleva a la conclusión que el estabilizador CBCA mejoró significativamente las propiedades mecánicas del suelo, y que las mejores condiciones de carga se dieron con una dosis de estabilizador del 15% de CBCA.

## VI.- CONCLUSIONES

1. De la evaluación de adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en la mejora de las propiedades de la subrasante en la carretera a Yungay se pudo observar que a medida que se va agregando el agente estabilizante (ceniza de panca de maíz) se va mejorando las propiedades físicas de la muestra patrón, donde se evidenció una T tabla de  $2.53 < T$  calculado de 4.188, y una significancia bilateral (p) de  $0.025 < 0.05$ , lo cual corrobora la significancia estadística y se comprueba que adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) en 3,0%, 6,5% y 10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, logra mejorar su propiedad física.
2. De la evaluación de la mejora de la plasticidad de la subrasante en la carreta a Yungay con la adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*) se pudo observar que a medida que se va agregando el agente estabilizante (ceniza de panca de maíz) el índice de plasticidad también empieza a disminuir, tal como se muestra en los ensayos realizados, donde al agregar el 3.0% de ceniza de panca de maíz se obtuvo una disminución de 28.26%, con la adición de 6.5% de ceniza de panca de maíz se obtuvo una disminución de 54.97% y al agregar 10.0% de ceniza de panca de maíz se obtuvo una disminución de 67.00% del índice de plasticidad.
3. De la evaluación de la mejora de la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera a Yungay con la adición de hojas de maíz (*Zea Mays*), se pudo observar que las densidades del suelo van disminuyendo a mayor adición del agente estabilizante llegando a un punto de 1.56 g/cm<sup>3</sup> con la adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz.
4. De la determinación de la variación en el índice CBR de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de panca de maíz, se pudo evidenciar que la curva tiene tendencia positiva mientras se va adicionando la ceniza de panca de maíz, es decir, que el suelo va obteniendo mejoras en su composición mecánica, logrando llegar a un CBR de 11.97% con adición de 10.0% de ceniza de panca de maíz.

## **VI.- RECOMENDACIONES**

A futuros investigadores se recomienda estudiar agentes estabilizantes que sirvan de apoyo a la población de impacto y que disminuya los costos de construcción y operación de los pavimentos.

Se recomienda utilizar los ensayos de granulometría de diferentes tipos de suelos y que ello se pueda replicar en distintas partes del Perú, con la finalidad de ampliar la diversidad de los suelos con su agente estabilizante.

Se recomienda a los investigadores que realizan estudios a subrasantes y adicionar agentes estabilizantes de la zona para beneficio de la población y con ello crear una base de datos que identifique el tipo de agente estabilizante más económico.

A los gerentes o representantes de las empresas constructoras públicas y/o privadas, que realicen estudios de muestras de bajo costo y su aplicación como agente estabilizante, analizando su capacidad, mantenimiento u otros factores que incidan en la realización de las obras en beneficio de la sociedad.

## REFERENCIAS

ADEYANJU, Emmanuel, et al. Estabilización de subrasante con geopolímero a base de ceniza de cascarilla de arroz (GRHA) y polvo de horno de cemento (CKD). *Estudios de casos en materiales de construcción*, 2020, vol. 13, pág. e00388.

AISHEH, Yazan Issa Abu, et al. Influence of polypropylene and steel fibers on the mechanical properties of ultra-high-performance fiber-reinforced geopolymer concrete. *Case Studies in Construction Materials*, 2022, vol. 17, p. e01234.

ARMAGHANI, Danial Jahed, et al. An optimized system of GMDH-ANFIS predictive model by ICA for estimating pile bearing capacity. *Artificial Intelligence Review*, 2022, vol. 55, no 3, p. 2313-2350.

ARAUJO HUAMAN, Georck Bagner. Estudio sobre la influencia de la aplicación de cepas bacterianas como aditivo ante la presencia de fisuras en el concreto en Latinoamérica. 2020.

BARKHORDARI, Mohammad Sadegh, et al. Data-Driven Compressive Strength Prediction of Fly Ash Concrete Using Ensemble Learner Algorithms. *Buildings*, 2022, vol. 12, no 2, p. 132.

CARRASCO S. (2009). Metodología de la Investigación científica. (Libro web) Lima: Editorial San Marcos. Recuperado de: <https://cutt.ly/aRSjfWP>.

COBAN, Haluk Sinan; CETIN, Bora. Evaluación de la idoneidad del uso de lodos de cal para la estabilización de suelos de subrasante. *Revista de materiales en ingeniería civil*, 2022, vol. 34, nº 3, pág. 04021486.

COHEN PEÑA, Luis Alonso; PAZ CASTILLO, Percy Alejandro. Mejoramiento de Suelos Arcillosos de la Ruta N° Li-810 con trayectoria: Emp. Pe-3n (Quiruvilca)–Bandurria, con escoria de acero blanca.

DING, Yu, et al. Prediction and Evaluation of Grain Size-Dependent Maximum Dry Density for Gravelly Soil. *International Journal Of Geomechanics*, 2020, vol. 20, no 9, p. 04020153.

FARIAS, Omar Farid Ojeda; ZAMORA, Miguel Ángel Baltazar; RANGEL, José Manuel Mendoza. Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo sustratosante. *Revista ALCONPAT*, 2018, vol. 8, nº 2, pág. 194-208.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Editorial: McGraw Hill Education, México, sexta edición compressed.

HUA, Jianmin, et al. Relation between the metallographic structure and mechanical properties of a bimetallic steel bar after fire. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 2022, vol. 34, no 8, p. 04022193.

IHARA, Sou, et al. Experimental evaluation of the effects of gravel particles on the dry density of compacted soil. En *Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development*. Springer, Singapore, 2020. p. 619-625.

JAYO, B.; DURÁN, Gary. Comportamiento mecánico de suelos arcillosos de baja plasticidad estabilizados con ceniza de cascarilla de arroz. En *Foro de Ciencia de Materiales*. Trans Tech Publications Ltd, 2022. pág. 195-199.

KUMAR, C. Vivek, et al. Pavement Subgrade Stabilized with Waste coal Ash and Geosynthetics: An Experimental Study and Multiple Regression Modelling. *Materials Today: Proceedings*, 2022, vol. 52, p. 1543-1550.

LI, Ting S., et al. S 5: The Orbital and Chemical Properties of One Dozen Stellar Streams. *The Astrophysical Journal*, 2022, vol. 928, no 1, p. 30.

LIU, Weicheng, et al. The influence of soil moisture on convective activity: a review. *Theoretical and Applied Climatology*, 2022, p. 1-12.

MATHEUS, Julia Rabelo Vaz, et al. Persimmon (*Diospyros kaki* L.): Chemical properties, bioactive compounds and potential use in the development of new products—A review. *Food Reviews International*, 2022, vol. 38, no 4, p. 384-401.

MILEWSKI, T. M., et al. Behavioural and physiological plasticity in social hierarchies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2022, vol. 377, no 1845, p. 20200443.

MISHRA, Priyanka; SHUKLA, Shaline; MITTAL, Ayush. Estabilización de subrasante con suelo expansivo utilizando subproductos agrícolas e industriales: una revisión. *Materiales hoy: Actas*, 2022.

MONTEJO, R.; RAYMUNDO, J.; CHÁVEZ, J. Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura. 2020.

MOUSAVI, Seyed Rasoul, et al. Mechanical properties of bamboo fiber-reinforced polymer composites: a review of recent case studies. *Journal of Materials Science*, 2022, p. 1-25.

ORTEGON RAMÍREZ, C. T., Peralta Zarrate, J. C. y Cobos Molina, M. A. (2019). Caracterización del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cáscara de coco y cisco de café (Tesis de grado). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12494/14966>

PATERIYA, A. S., et al. Stabilization of marble wastes using cement and nano materials for subgrade applications. *Construction and Building Materials*, 2022, vol. 326, p. 126865.

RAHMAN, Md, et al. Correlation between Optimum Moisture Content (OMC) and Plastic Limit (PI) of Fine-Grained Soil. 2022.

SAKERS, Alexander, et al. Adipose-tissue plasticity in health and disease. *Cell*, 2022, vol. 185, no 3, p. 419-446.

SANTOS ESTRADA, Arnold Junior. Aplicación del bioconcreto para reparar agrietamientos de los decantadores de la planta de tratamiento de agua La Atarjea-Lima.

STEINMETZ, Zacharias, et al. Are agricultural plastic covers a source of plastic debris in soil? A first screening study. *Soil*, 2022, vol. 8, no 1, p. 31-47.

TERRONES CRUZ, Andrea Thatiana. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo–2018. 2019.

VALCANAIA, Camila Panini, et al. The Effect of Granulometry and Hydrodistillation Time for Volatile Oils from *Melipona quadrifasciata* Geopropolis. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 2022, p. 1-6.

VILCA, Dante Quispe. Estabilización de suelos expansivos con ceniza de mazorca de maíz en la ciudad del Cusco. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 2021, vol. 4, no 2, p. 75-86.

YIN, Zhenting, et al. Functionalizing Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> for enhancing fire resistance and reducing toxic gases of flexible polyurethane foam composites with reinforced mechanical properties. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2022, vol. 607, p. 1300-1312.

YU, Hua, et al. Cement soil stabilization for underground liquid natural gas storage. *Cold Regions Science and Technology*, 2022, vol. 194, p. 103438.

## **ANEXOS**

Anexo 3: Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Ceniza de hojas de maíz</b>	La ceniza de maíz es un residuo de la combustión. Por lo general, parte de la ceniza permanece en el ambiente en forma de polvo y el resto se esparce en el humo (Barkhordari et al., 2022)	Se realizará adicionando se la ceniza de hojas de maíz (3,0%, 6,5% y 10,0%) respecto al suelo y se tendrá en cuenta las propiedades del agente estabilizante	Propiedad química	% elementos absorbentes	Razón
				% elementos de alta plasticidad	Razón
<b>Estabilización de subrasante</b>	La estabilización de subrasante es el uso de refuerzos geosintéticos que permiten la edificabilidad y el acceso a suelos blandos, y su uso es suficientemente comprimido para proporcionar una capacidad portante uniforme asimismo proporciona una plataforma de suelo indeformable, por lo que sirve como superficie específica del pavimento de la vía de transporte (Kumar et al., 2022)	Se analizará una calicata de alta criticidad del tramo de subrasante y se realizará los ensayos para caracterizar el suelo en el laboratorio de mecánica de suelos.	Propiedades físicas	Humedad	Razón
				Granulometría	
				Plasticidad	
			Propiedades mecánicas	Máxima densidad seca	Razón
				Óptimo contenido de humedad	
				Capacidad de soporte	
Resistencia mecánica					

Anexo 4: Instrumento de recolección de datos

Tabla 2 Formato para humedad

	FORMATO TOMA DE DATOS HUMEDAD NATURAL- INV E-122-13-LABORATORIO DE SUELOS		CODIGO																									
			EDICIÓN																									
			FECHA																									
			CSC																									
MUESTRA N°:	TIPO:	NUMERO:																										
PROFUNDIDAD (m):	ABSCISA:	TIPO DE MUESTRA:																										
FECHA:	FUENTE:	EQUIPOS:																										
LOCALIZACION:																												
DESCRIPCIÓN																												
<b>DATOS</b>																												
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">HUMEDAD NATURAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muestra</td> <td>N°</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recipiente</td> <td>N°</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Recipiente</td> <td>(g)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Húmedo</td> <td>(g)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Seco</td> <td>(g)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Agua</td> <td>(g)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco</td> <td>(g)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					HUMEDAD NATURAL			Muestra	N°		Recipiente	N°		Peso del Recipiente	(g)		Peso Recipiente + Suelo Húmedo	(g)		Peso Recipiente + Suelo Seco	(g)		Peso de Agua	(g)		Peso Suelo Seco	(g)	
HUMEDAD NATURAL																												
Muestra	N°																											
Recipiente	N°																											
Peso del Recipiente	(g)																											
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	(g)																											
Peso Recipiente + Suelo Seco	(g)																											
Peso de Agua	(g)																											
Peso Suelo Seco	(g)																											
OBSERVACIONES: _____																												
_____																												
_____																												
<b>REALIZÓ</b>		<b>APROBÓ</b>		COPIA CONTROLADA	SI																							
LABORATORISTA		COORDINADOR																										

**Tabla 3 Registro de resultados de granulometría**

Granulometría ASTM C136			Identificación de la muestra:						
			Fecha de ensayo:						
Resultados			Réplica #1			Réplica #2			Promedio
Masa inicial de la muestra [g]									
No. Malla	Abertura [mm]	(Abertura) <sup>0.45</sup> [mm]	Masa retenida [g]	Retenido parcial [%]	Pasa [%]	Masa retenida [g]	Retenido parcial [%]	Pasa [%]	Pasa [%]
2 in	50	5.9							
1 1/2 in	37.5	5							
1 in	25	4.3							
3/4 in	19	3.8							
1/2 in	12.5	3.1							
3/8 in	9.5	2.8							
No. 4	4.75	2							
No.8	2.36	1.5							
No.16	1.18	1.1							
No. 30	0.6	0.8							
No. 50	0.3	0.6							
No. 100	0.15	0.4							
No. 200	0.075	0.3							
Pasa No. 200	---	---							
<b>Masa total retenida [g]</b>									
<b>Diferencia de masas [g]</b>									

**Tabla 4 Formato para límites de consistencia**

		FORMA TO DE LIMITES DE CONSISTENCIA- LIMITE LIQUIDO- LIMITE PLASTICO- INV E-125,126-13- LABORATORIO DE SUELOS		CODIGO																																																																														
				EDICIÓN																																																																														
				FECHA																																																																														
				CSC																																																																														
MUESTRA Nº:	TIPO:	NUMERO:																																																																																
PROFUNDIDAD (m):	ABSCISA:	TIPO DE MUESTRA:																																																																																
FECHA:	FUENTE:	EQUIPOS:																																																																																
LOCALIZACIÓN:																																																																																		
DESCRIPCIÓN																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="4">LIMITE PLÁSTICO</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Nº</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Recipiente</td> <td>Nº</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Recipiente</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Húmedo</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Seco</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Agua</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE PLÁSTICO				Muestra	Nº	1	2	Recipiente	Nº			Peso del Recipiente	(g)			Peso Recipiente + Suelo Húmedo	(g)			Peso Recipiente + Suelo Seco	(g)			Peso de Agua	(g)			Peso Suelo Seco	(g)			<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="5">LIMITE LÍQUIDO</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Nº</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Golpes</td> <td>Nº</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recipiente</td> <td>Nº</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del Recipiente</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Húmedo</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Recipiente + Suelo Seco</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de Agua</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco</td> <td>(g)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			LIMITE LÍQUIDO					Muestra	Nº	1	2	3	Golpes	Nº				Recipiente	Nº				Peso del Recipiente	(g)				Peso Recipiente + Suelo Húmedo	(g)				Peso Recipiente + Suelo Seco	(g)				Peso de Agua	(g)				Peso Suelo Seco	(g)			
LIMITE PLÁSTICO																																																																																		
Muestra	Nº	1	2																																																																															
Recipiente	Nº																																																																																	
Peso del Recipiente	(g)																																																																																	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	(g)																																																																																	
Peso Recipiente + Suelo Seco	(g)																																																																																	
Peso de Agua	(g)																																																																																	
Peso Suelo Seco	(g)																																																																																	
LIMITE LÍQUIDO																																																																																		
Muestra	Nº	1	2	3																																																																														
Golpes	Nº																																																																																	
Recipiente	Nº																																																																																	
Peso del Recipiente	(g)																																																																																	
Peso Recipiente + Suelo Húmedo	(g)																																																																																	
Peso Recipiente + Suelo Seco	(g)																																																																																	
Peso de Agua	(g)																																																																																	
Peso Suelo Seco	(g)																																																																																	
OBSERVACIONES: _____																																																																																		
_____																																																																																		
_____																																																																																		
_____																																																																																		
<b>REALIZÓ</b>		<b>APROBÓ</b>		COPIA CONTROLADA	SI																																																																													
LABORATORISTA		COORDINADOR																																																																																

**Tabla 5 Registro de resultados Proctor modificado**

	LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS		CÓDIGO: AT-IRL6-F1 VERSIÓN: 1 FECHA: Página 1 de 1
<b>PROCTOR MODIFICADO - ASTM D1557</b>			
Técnico: .....	Informe N°: .....		
Calicata / Cantera: .....	Fecha: .....		
Muestra N°: .....	Profundidad: .....		
Horno: .....	Balanza 1: .....	Balanza 2: .....	

Compactación	1	2	3	4	5
Prueba N°					
N° de Capas					
N° de golpes por Capa					
Masa del Molde+Suelo Compactar (g)					
Masa del Molde (g)					
Masa suelo Compactado (g)					
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )					
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )					
Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )					

Método	A	B	C
	Masa (g)	% Ret.	% Acum.
Malla 3"			
Malla 3" - 3/4"			
Malla 3/4" - 3/8"			
Malla 3/8" - N°4			
Malla N°4 + ...			

MDS ..... g/cm<sup>3</sup>

OCH ..... %

**Fracción Gruesa**

<b>Gravedad Específica</b>	
Masa mat. s.s.s. (aire) (g):	
Masa mat. s.s.s. (agua) (g):	
Masa mat. Seco (g):	
Masa específico Bulk:	

<b>Contenido Humedad</b>	
Masa suelo húmedo + tara (g):	
Masa suelo seco + tara (g):	
Masa de tara (g):	
Contenido de humedad (%) :	

Densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	
	Contenido de Humedad (%)

Observaciones:

\_\_\_\_\_

Técnico

\_\_\_\_\_

Responsable Técnico

**Tabla 6 Formato para relación de soporte del suelo CBR**

		FORMATO DE RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO (CBR) - I.N.V. E - 148 - 13-LABORATORIO DE SUELOS			CODIGO	PAG 1	
					EDICIÓN		
					FECHA		
					CSC		
MUESTRA N°:	TIPO:	NUMERO:					
PROFUNDIDAD (m):	ABSCISA:	TIPO DE MUESTRA:					
FECHA:	FUENTE:	EQUIPOS:					
LOCALIZACIÓN:							
DESCRIPCIÓN:							
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>							
				SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN		
Molde No.							
Numero de Golpes por Capa							
Peso Molde + Suelo Humedo (g)							
Peso Molde (g)							
Peso Suelo Humedo (g)							
Volumen del Molde (cm³)							
<b>DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE COMPACTACIÓN</b>							
				SIN INMERSIÓN	CON INMERSIÓN		
Capsula No.							
Peso Capsula + suelo humedo (g)							
Peso Capsula + suelo seco (g)							
Peso agua (g)							
Peso Capsula (g)							
<b>PENETRACIÓN</b>							
PRUEBA	SIN INMERSIÓN			CON INMERSIÓN			
PENETRACIÓN	CARGA			CARGA			
Pulg.	Lectura (KN)	Lib. F	PSI	Lectura (KN)	Lib. F	PSI	
0.005							
0.025							
0.050							
0.075							
0.100							
0.150							
0.200							
0.250							
0.300							
0.400							
0.500							
EXPANSIÓN	TIEMPO (h)	INICIAL	24	48	72	96	120
	LECTURA (mm)						
OBSERVACIONES:							
<b>ELABORÓ</b>				<b>APROBÓ</b>			
LABORATORISTA				COORDINADOR			
						COPIA CONTROLADA	SI

Anexo 5: Matriz de consistencia

<b>TITULO: Estabilización De Subrasante Con Adición De Ceniza De Hojas De Maíz (Zea Mays), Yungay, Ancash, 2022</b>							
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>		<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
Problema general: ¿Cuál es la evaluación en la estabilización de la subrasante de la carretera a Yungay con la adición de la ceniza de hojas de maíz (Zea Mays), Ancash, 2022?	Objetivo general: Evaluar la adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays) en la mejora de las propiedades de la subrasante en la carretera a Yungay, Ancash, 2022	Hipótesis general: La adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays) en 3,0%, 6,5% y 10,0%, respecto al suelo de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, va a mejorar su propiedad física y mecánica entre un 35% a 65%.	Cuantitativa 1	Cenizas de hojas de maíz	Propiedades químicas	% elementos absorbentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipo de investigación aplicada.</li> <li>-El diseño de este estudio será experimental</li> <li>-Enfoque cuantitativo.</li> <li>- Población se utilizará como población al tramo de la carretera a Yungay- Ancash conformado por una extensión total de 1.50 kilómetros de subrasante.</li> <li>- Muestreo No probabilístico.</li> <li>- Muestra: Calicatas extraídas del terreno de la carretera estudiada.</li> </ul>
Problemas específicos: ¿Cuál es la mejora en la plasticidad de la subrasante en la carretera a Yungay con la adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays), Ancash – 2022?	Objetivos específicos: Evaluar la mejora la plasticidad de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays), Ancash, 2022.	Hipótesis específicas: La adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays) en 3,0%, 6,5% y 10,0% respecto de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash, va a mejorar el índice de plasticidad de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash – 2022.				% elementos de alta plasticidad	

<p>¿Cuál es la mejora en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera a Yungay con la adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays), Ancash – 2022?</p>	<p>Evaluar la mejora en la densidad máxima seca de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays), Ancash, 2022</p>	<p>La adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays) en 3,0%, 6,5% y 10,0% respecto al suelo de subrasante va a mejorar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash – 2022.</p>	<p>Cuantitativa 2</p>	<p>Estabilización de subrasante</p>	<p>Propiedades físicas</p>	<p>Humedad</p>	<p>-Técnica de observación directa. Ficha de observación y formatos para la determinación de los análisis de la subrasante.</p>
<p>Granulometría</p>							
<p>Plasticidad</p>							
<p>¿Cuál es la mejora en el índice CBR de la subrasante de la carretera a Yungay de la adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays), Ancash – 2022?</p>	<p>Determinar la variación en el índice CBR de la subrasante en la carretera a Yungay con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays), Ancash, 2022.</p>	<p>La adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays) en 3,0%, 6,5% y 10,0% respecto al suelo de subrasante va a mejorar el índice de CBR de la subrasante de la carretera a Yungay, Ancash – 2022.</p>	<p>Propiedades mecánicas</p>	<p>Máxima densidad seca</p>			
<p>Óptimo contenido de humedad</p>							
<p>Capacidad de soporte</p>							
<p>Resistencia mecánica</p>							

## Anexo 6: Ensayos de Laboratorio



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
RUC: 2060174030 - PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### INFORME N° SV - 118 - MATHLAB - 2022

#### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL - ASTM D - 2216

**Solicita:** Sach. Pacay Lol Estiven Maycol  
**Proyecto:** Estabilización de subrasante con adición de cenizas de hojas de maíz (Zea Mays), Yungay, Ancash, 2022  
**Localización:** Localidad: Prolongación de la carretera Yungay - Urganusco, Ancash.  
**Muestra:** Calicata 03 - Orgo - Aza - Km: 0+000  
**Material:** Arcilla arenosa con mezcla de gravas hasta 1" de consistencia semi dura y de color marrón rojizo  
**Para Uso:** Construcción de Carretera Vecinal **Prof. de Muestra:** 1.50 m  
**Perforación:** Cielo Abierto **Fecha:** Septiembre, 2022

#### HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	49.39	49.88	49.45
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	125.32	123.12	126.32
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	108.65	106.65	108.95
PESO DEL AGUA grs	16.67	16.47	17.37
PESO DEL SUELO SECO grs	59.26	56.77	59.50
% DE HUMEDAD	28.13	29.01	29.19
PROMEDIO % DE HUMEDAD	28.78		



#### Nota:

- Los resultados de los ensayos obtenidos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente
- Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron proporcionados e indicados por el cliente
- La interpretación y uso de los resultados es responsabilidad del cliente.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1433 - Huaraz, Ref. Artes de la Escuela de Postgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 1370 - Comas - Lima - Lima / Callar: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles.  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Granulometría

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Solicita: Bach. Pacuy Lolí Estiven Maycol  
 Proyecto: Estabilización de subrasante con adición de cenizas de hojas de maíz (Zea Mays), Yungay, Ancash, 2022  
 Localización: Localidad: Prolongación de la carretera Yungay - Llanganuco, Ancash.  
 Muestra: Calicata 03 - Ongo - Ara - Km. 0+000 Perforación: Cielo abierto  
 Material: Arcilla arenosa con mezcla de gravas Profundidad de Muestra: 1.5 m  
 Para Uso: Construcción de Carretera Vecinal Fecha: Setiembre, 2022

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamices	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Tamaño Máximo:				
5"	127.00				Modulo de Fineza AF:				
3"	101.60				Modulo de Fineza AG:				
2"	76.20				Equivalente de Arena:				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00	Descripción Muestra: Arcilla arenosa con mezcla de gravas				
1"	25.40	0.00	0.00	100.00					
3/4"	19.05	0.00	0.00	100.00	SUCS =	CL	AASHTO =	A-6(9)	
1/2"	12.70	0.00	0.00	100.00	LL =	48.13	WT =		
3/8"	9.53	2.15	0.11	99.89	LP =	20.46	WT+SAL =		
1/4"	6.35	8.38	0.44	99.44	IP =	27.67	WSAL =		
Nº 4	4.76	10.72	0.57	98.87	IG =		WT+SDL =		
Nº 6	2.38	14.53	0.77	98.10	D 90 =		WSDL =		
Nº 10	2.00	19.88	1.05	97.05	D 60 =	0.01	%ARC =	72.28	
Nº 16	1.19	23.33	1.24	95.81	D 30 =	0.01	%ERR =	0.00	
Nº 20	0.84	36.07	1.91	93.90	D 10 =	0.01	Cc =	0.99	
Nº 30	0.59	39.17	2.08	91.82			Cu =	1.04	
Nº 40	0.43	48.49	2.57	89.25	Observaciones:				
Nº 50	0.30	49.43	2.62	86.62					
Nº 60	0.25	57.23	3.04	83.59	Arcilla arenosa con mezcla de gravas hasta 1" de consistencia semi dura y de color marrón rojizo, de mediana plasticidad con 72.28% de finos (Que pasa la malla Nº 200), Lim. Liq.= 48.13% e Ind. Plast.= 27.67%.				
Nº 80	0.18	63.63	3.38	80.21					
Nº 100	0.15	71.47	3.79	76.42					
Nº 200	0.07	77.98	4.14	72.28					
Fondo	0.01	1362.54	72.28	100.00					
PESO INICIAL	1885.00								

Ing. Rubén Thales Maza Let  
 INGENIERO CIVIL - RNP, CNAEP 182659  
 Subst. en Ensayos y Control de Cal.

Piedras mayores 3"										
Clasificación - ASTM	GRAVA		ARENA			LIMO		ARCILLA		
Clasificación - AASHTO	GRANULOSIDAD		GRANULOSIDAD			LIMO		ARCILLA		



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar Nº 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Límites de consistencia

**LÍMITES DE CONSISTENCIA: ASTM D - 4318**

**Solicita:** Bach. Pacuy Loí Estiven Maycol  
**Proyecto:** Estabilización de subrasante con adición de ceriza de hojas de maíz (Zea Mays)  
**Localización:** Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash  
**Muestra:** Calicata 03 - Ongó - Aira - Km. 0+000  
**Material:** Arcilla arenosa con mezcla de gravas  
**Para Uso:** Construcción de Carretera Vecinal

**Perforación:** Cielo abierto  
**Profundidad de la Muestra:** 1.5 m  
**Fecha:** Setiembre, 2022

**LÍMITE LÍQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	47.62	48.87	50.54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	71.12	72.63	71.05
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	63.10	64.80	64.50
PESO DEL AGUA grs	8.02	7.83	6.55
PESO DEL SUELO SECO grs	15.48	15.93	13.96
% DE HUMEDAD	51.81	49.15	46.92
NUMERO DE GOLPES	12	21	36
% LIMITE LIQUIDO		48.13	

**DIAGRAMA DE FLUJIDAZ**

Indice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	48.13
Límite Líquido (%)	20.46
Límite Plástico (%)	27.67
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Indice de consistencia Ic	

**LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	27.30	28.08	27.91
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	38.65	39.56	38.41
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	36.65	37.67	36.64
PESO DEL AGUA grs	2.00	1.89	1.77
PESO DEL SUELO SECO grs	9.35	9.59	8.73
% DE HUMEDAD	21.39	19.71	20.27
% LIMITE PLASTICO		20.46	



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Compactación CBR

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)													
ASTM D-1883													
SOLICITA:		Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol											
PROYECTO		Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)											
UBICACIÓN		Prolongación Yungay - Ulanganuco, Yungay, Ancash.											
FECHA		Setiembre, 2022											
DATOS DE LA MUESTRA													
CALICATA		: C-03			PROFUNDIDAD : 1.50 m			CLASF. (SUCS)			: CL		
MUESTRA		: M-1						CLASF. (AASHTO)			: A-6 (9)		
COMPACTACION													
Molde N°	1			2			3						
Capas N°	5			5			5						
Golpes por capa N°	12			26			56						
Condición de la muestra	SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		SIN MOJAR		MOJADA		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12491.34		12598.20		12463.00		12498.00		11894.00		12009.00		
Peso de molde (g)	8312.00		8312.00		8260.00		8260.00		7879.00		7879.00		
Peso del suelo húmedo (g)	4179.34		4286.20		4203.00		4238.00		4015.00		4130.00		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130.00		2130.00		2148.00		2148.00		2120.00		2120.00		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.96		2.01		1.96		1.97		1.89		1.95		
Tarro N°	1		2		3		4		5		6		
Peso suelo húmedo + tara (g)	245.75		4286.20		215.92		4238.00		197.47		4130.00		
Peso suelo seco + tara (g)	214.15		3559.45		191.58		3646.17		184.91		3703.27		
Peso de tara (g)	32.70		34.60		32.20		33.30		35.70		33.10		
Peso de agua (g)	31.60		726.75		24.34		591.83		12.56		426.73		
Peso de suelo seco (g)	181.45		3524.85		159.38		3612.87		149.21		3670.17		
Contenido de humedad (%)	17.42		20.62		15.27		16.38		8.42		11.63		
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.67		1.67		1.70		1.70		1.75		1.75		
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
14/09/2022	09:30	00 Hrs.	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00		
15/09/2022	09:30	24 Hrs.	131.000	131.000	2.87	109.0000	109.000	2.39	92.0000	92.000	2.02		
16/09/2022	09:30	48 Hrs.	152.000	152.000	3.33	124.0000	124.000	2.72	103.0000	103.000	2.26		
17/09/2022	09:30	72 Hrs.	161.000	161.000	3.53	142.0000	142.000	3.11	128.0000	128.000	2.80		
18/09/2022	09:30	96 Hrs.	164.000	164.000	3.59	145.0000	145.000	3.18	133.0000	133.000	2.91		



Ing. Ruben Daniel Arzopán Les  
 INGENIERO CIVIL - Reg. C.O.P.E. 18224  
 Especialista en Ensayos y Control de Cal.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### CARGA PENETRACIÓN – CBR

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883

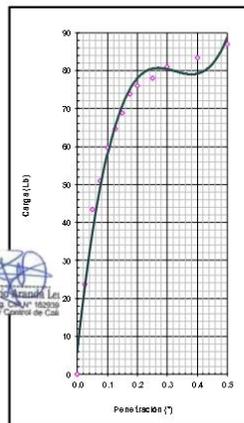
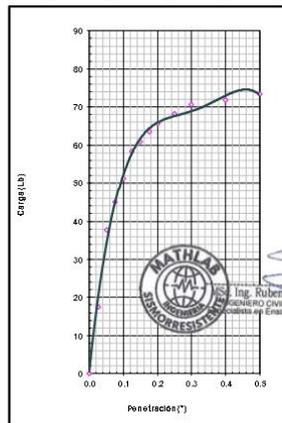
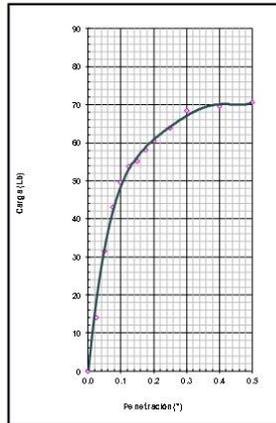
SOLICITA: Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol  
 PROYECTO: Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
 UBICACIÓN: Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash.  
 FECHA: Setiembre, 2022

#### DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-03 CLASF. (SUCS) : CL  
 MUESTRA : Suelo de subrasante PROFUNDIDAD : 1.50 m CLASF. (AASHTO) : A-6 (9)

#### PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION
		lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		42.32	14.03		52.58	17.43		71.24	23.61	
0.050		95.26	31.57		113.74	37.70		131.13	43.46	
0.075		129.75	43.00		135.81	45.01		153.83	50.99	
0.100	1000	149.43	49.53	4.95	154.47	51.20	5.12	179.90	59.62	5.96
0.125		162.35	53.81		176.17	58.39		195.11	64.67	
0.150		166.67	55.24		183.62	60.86		207.82	68.88	
0.175		175.32	58.11		191.70	63.54		222.81	73.85	
0.200	1500	182.39	60.45	4.03	197.92	65.60	4.37	229.57	76.09	5.07
0.250		192.52	63.81		205.96	68.26		235.16	77.94	
0.300		206.38	68.40		213.41	70.73		244.69	81.10	
0.400		210.17	69.66		216.49	71.75		251.91	83.49	
0.500		213.18	70.66		221.53	73.42		262.49	87.00	



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### ESFUERZOS CBR

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
ASTM D-1883

SOLICITA: Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol  
 PROYECTO: Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
 UBICACIÓN: Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash.  
 FECHA: Setiembre, 2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

CANTERA C - 03	CLASF. (SUCS)	CL
MATERIAL Suelo de subrasante	CLASF. (AASHTO)	A-6 (9)
PROFUNDIDAD	1.5	

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.703  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.320

ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	4.95	4.03	5.12	4.37	5.96	5.07
Densidad Seca	1.67	1.67	1.70	1.70	1.75	1.75

C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
4.95	1.67	4.03	1.67
5.12	1.70	4.37	1.70
5.96	1.75	5.07	1.75

Ds Max	1.703	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.1")	5.15
Ds Max (95%)	1.618	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.2")	4.45

C.B.R DE DISEÑO (Suelo natural)	4.45%
---------------------------------	-------



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### ESFUERZOS CBR

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883

SOLICITA: Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol  
 PROYECT: Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
 UBICACIÓN: Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash.  
 FECHA: Setiembre, 2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

CANTERA C - 03  
 MATERIAL: Suelo de subrasante PROFUNDIDAD: 1.5 CLASF. (SUCS): CL CLASF. (AASHTO): A-6 (9)

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.703  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.320

ESFUERZOS PARA 01" Y 02" DE PENETRACIÓN

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	01"	0.2"	01"	0.2"	01"	0.2"
C.B.R. (%)	4.95	4.03	5.12	4.37	5.96	5.07
Densidad Seca	1.67	1.67	1.70	1.70	1.75	1.75

C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA			
PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
4.95	1.67	4.03	1.67
5.12	1.70	4.37	1.70
5.96	1.75	5.07	1.75

Ds Max	1.703	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.1")	5.15
Ds Max (95%)	1.618	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.2")	4.45
C.B.R. DE DISEÑO (Suelo natural)			4.45%	

Ing. Rubén Enrique Alvarado Liz  
 Especialista Civil - Área Control de Calidad  
 Analista en Ensayos y Control de Cal



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Límites de consistencia de la Muestra patrón + 3% de ceniza de hoja de maíz

**LÍMITES DE CONSISTENCIA: ASTM D - 4318**

**Solicita:** Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol  
**Proyecto:** Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
**Localización:** Prolongación Yungay - Llangaruco, Yungay, Ancash  
**Muestra:** Calicata 03 - Ongó - Aira - Km: 0+000  
**Material:** Arcilla arenosa con mezcla de gravas  
**Para Uso:** Construcción de Carretera Vecinal  
**Dosificación:** Muestra patrón + 3% Ceniza HM

**Perforación:** Cielo abierto  
**Profundidad de la Muestra:** 1.5 m  
**Fecha:** Setiembre, 2022

**LÍMITE LIQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	47.62	48.87	50.54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	72.30	73.70	71.10
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	64.60	66.10	65.00
PESO DEL AGUA grs	7.70	7.60	6.10
PESO DEL SUELO SECO grs	16.98	17.23	14.46
% DE HUMEDAD	45.35	44.11	42.19
NUMERO DE GOLPES	12	21	36
% LÍMITE LIQUIDO		43.19	

**DIAGRAMA DE FLUidez**

Índice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	43.19
Límite Plástico (%)	23.35
Índice de Plasticidad Ip (%)	19.85
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Índice de consistencia Ic	

**LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	27.30	28.08	27.91
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	39.78	38.92	38.12
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	37.45	36.87	36.16
PESO DEL AGUA grs	2.33	2.05	1.96
PESO DEL SUELO SECO grs	10.15	8.79	8.25
% DE HUMEDAD	22.96	23.32	23.76
% LÍMITE PLÁSTICO		23.35	

Ing. Rubén Díaz Azavedo Ltd.  
 Ingeniero Civil - Reg. Colap 10299  
 Especialista en Ensayos y Control de Gas



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Cíviles, Supervisión de Obras Cíviles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Proctor modificado de la Muestra patrón + 3% de ceniza de hoja de maíz

**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

Solicita: Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol  
 Proyecto: Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
 Localización: Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash  
 Muestra: Calicata 03 - Ongó - Aira - Km: 0+000  
 Material: Arcilla arenosa con mezcla de gravas  
 Para Uso: Construcción de Carretera Vecinal  
 Dosificación: Muestra patrón + 3% Ceniza HM

Perforación: Cielo abierto  
 Profundidad de Muestra: 1.5 m  
 Fecha: Setiembre, 2022

Nº Golpes / capa: 25      Nº Capas: 5      Peso del Martillo: 4540.00  
 Dimensiones del Molde:      Diámetro: 10.20      Altura: 11.45      Vol.: 935.61  
 Sobrecarga: 3663.00

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4	5
PESO DEL TARRO (grs)	33.83	34.47	34.58	34.15	33.21
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	247.45	221.50	242.90	215.80	150.30
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	225.94	202.40	217.20	192.20	133.40
PESO DEL AGUA (grs)	21.51	19.10	25.70	23.60	16.90
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	192.1	167.9	182.6	158.1	100.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	11.20	11.37	14.07	14.93	16.87
% PROMEDIO	11.20	11.37	14.07	14.93	16.87

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	11.29	14.50	16.62	18.48	23.15
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	5276	5425	5462	5430	5369
PESO DEL MOLDE (grs)	3665	3658	3680	3663	3663
PESO DEL SUELO (grs)	1611	1767	1782	1767	1706
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.722	1.889	1.905	1.889	1.823
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.55	1.65	1.63	1.59	1.48

Densidad Máxima (grs/cm<sup>3</sup>) **1.65**  
 Humedad Óptima% **14.75**

**COMPACTACION**

MDS = 1.70 g/cm<sup>3</sup>  
 H. OPT = 14.75%

Ing. Rubén Diego Escobar Lozano  
 Profesional Civil, Reg. 20679 - Oficina  
 Autorizada en Ensayos y Control de Cal.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



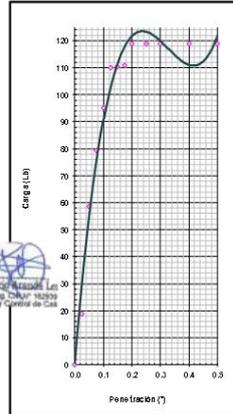
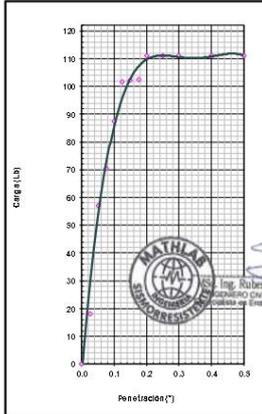
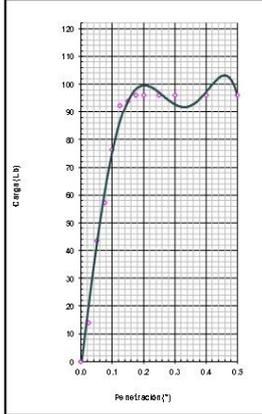
# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### CBR carga penetración de la Muestra patrón + 3% de ceniza de hoja de maíz

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)												
ASTM D-1883												
<b>SOLICITA:</b>		Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol										
<b>PROYECTO</b>		Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)										
<b>UBICACIÓN</b>		Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash.										
<b>FECHA</b>		Setiembre, 2022										
<b>DOSIFICACIÓN:</b>		Muestra patrón + 3% Ceniza HM										
DATOS DE LA MUESTRA												
<b>CALICATA</b>	: C-03						<b>CLASF. (SUCS)</b>		: CL			
<b>MUESTRA</b>	: M-1 + 3%		<b>PROFUNDIDAD</b> : 1.50 m				<b>CLASF. (AASHTO)</b>		: A-6 (9)			
PENETRACION												
PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03				
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION		
		lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)		
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00			
0.025		42.05	13.94		54.34	18.01		56.35	18.68			
0.050		131.55	43.60		172.16	57.06		176.70	58.57			
0.075		172.62	57.21		212.44	70.41		239.79	79.48			
0.100	1000	230.25	76.31	7.63	263.99	87.50	8.75	286.69	95.02	9.50		
0.125		278.33	92.25		306.70	101.65		332.31	110.14			
0.150		282.83	93.74		308.04	102.09		333.24	110.45			
0.175		289.86	96.07		309.37	102.54		334.14	110.75			
0.200	1500	289.86	96.07	6.40	334.83	110.97	7.40	358.89	118.95	7.93		
0.250		289.86	96.07		334.83	110.97		358.89	118.95			
0.300		289.86	96.07		334.83	110.97		358.89	118.95			
0.400		289.86	96.07		334.83	110.97		358.89	118.95			
0.500		289.86	96.07		334.83	110.97		358.89	118.95			



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Límites de consistencia la Muestra patrón + 6.5% de ceniza de hoja de maíz

**LÍMITES DE CONSISTENCIA: ASTM D - 4318**

**Solicita:** Bach. Pacuj Loli Estiven Maycol  
**Proyecto:** Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
**Localización:** Prolongación Yungay - Llanguanuco, Yungay, Ancash.  
**Muestra:** Calicata 03 - Ongó - Aira - Km: 0+000  
**Material:** Arcilla arenosa con mezcla de gravas  
**Para Uso:** Construcción de Carretera Vecinal  
**Dosificación:** Muestra patrón + 6.5% Ceniza HM

**Perforación:** Cielo abierto  
**Profundidad de la Muestra:** 1.5 m  
**Fecha:** Setiembre, 2022

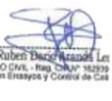
**LÍMITE LIQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	47.62	48.87	50.54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	71.30	72.70	71.15
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	64.43	66.00	65.55
PESO DEL AGUA grs	6.87	6.70	5.60
PESO DEL SUELO SECO grs	16.81	17.13	15.01
% DE HUMEDAD	40.87	39.11	37.31
NUMERO DE GOLPES	12	21	36
% LIMITE LIQUIDO	38.3		

Índice de Flujo FI	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	38.30
Límite Plástico (%)	25.84
Índice de Plasticidad Ip (%)	12.46
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Índice de consistencia Ic	

**LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	27.30	28.08	27.91
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	38.70	39.70	38.50
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	36.40	37.30	36.30
PESO DEL AGUA grs	2.30	2.40	2.20
PESO DEL SUELO SECO grs	9.10	9.22	8.39
% DE HUMEDAD	25.27	26.03	26.22
% LIMITE PLÁSTICO	25.84		

Ing. Rubén Díaz Huasá  
 INGENIERO CIVIL - RUC: 20414718299  
 Especialista en Ensayos y Control de Cal.



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com







# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### CBR carga penetración de la Muestra patrón + 6.5% de ceniza de hoja de maíz

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883										
SOLICITA:		Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol								
PROYECTO:		Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)								
UBICACIÓN:		Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash.								
FECHA:		Setiembre, 2022								
DOSIFICACIÓN:		Muestra patrón + 6.5% Ceniza HM								
DATOS DE LA MUESTRA										
CALICATA		: C-03			CLASF. (SUCS)			: CL		
MUESTRA		: M-1 + 6.5%			PROFUNDIDAD : 1.50 m			CLASF. (AASHTO) : A-6 (9)		
PENETRACION										
PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
		lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)	lb	lb/pulg2	C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		41.15	13.64		64.20	21.28		86.90	28.80	
0.050		108.68	36.02		132.31	43.85		155.01	51.38	
0.075		176.22	58.40		223.12	73.95		245.83	81.48	
0.100	1000	288.78	95.71	9.57	313.94	104.05	10.40	336.64	111.57	11.16
0.125		311.29	103.17		359.34	119.10		382.05	126.62	
0.150		356.31	118.09		404.75	134.15		427.46	141.67	
0.175		378.83	125.56		427.46	141.67		450.16	149.20	
0.200	1500	423.85	140.48	9.37	450.16	149.20	9.95	472.86	156.72	10.45
0.250		428.35	141.97		454.70	150.70		477.40	158.23	
0.300		432.85	143.46		459.24	152.21		481.94	159.73	
0.400		437.36	144.96		463.78	153.71		486.48	161.24	
0.500		441.86	146.45		468.32	155.22		491.03	162.74	


Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Límites de consistencia la Muestra patrón + 10% de ceniza de hoja de maíz

**LÍMITES DE CONSISTENCIA: ASTM D - 4318**

**Solicita:** Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol  
**Proyecto:** Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
**Localización:** Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash.  
**Muestra:** Calicata 03 - Ongo - Aira - Km: 0+000  
**Material:** Arcilla arenosa con mezcla de gravas  
**Para Uso:** Construcción de Carretera Vecinal  
**Dosificación:** Muestra patrón + 10% Ceniza HM

**Perforación:** Cielo abierto  
**Profundidad de la Muestra:** 1.5 m  
**Fecha:** Setiembre, 2022

**LÍMITE LIQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	47.62	48.87	50.54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	71.12	72.63	71.05
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	64.43	66.00	65.45
PESO DEL AGUA grs	6.69	6.63	5.60
PESO DEL SUELO SECO grs	16.81	17.13	14.91
% DE HUMEDAD	39.80	38.70	37.56
NUMERO DE GOLPES	12	21	36
% LÍMITE LIQUIDO	37.9		

**DIAGRAMA DE FLUJEZ**

Indice de Fluo Fi	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	37.90
Límite Plástico (%)	28.77
Indice de Plasticidad Ip (%)	9.13
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Indice de consistencia Ic	

**LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	27.30	28.08	27.91
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	38.20	39.50	38.70
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	35.80	36.90	36.30
PESO DEL AGUA grs	2.40	2.60	2.40
PESO DEL SUELO SECO grs	8.50	8.82	8.39
% DE HUMEDAD	28.24	29.48	28.61
% LÍMITE PLÁSTICO	28.77		



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com





# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### Límites de consistencia la Muestra patrón + 10% de ceniza de hoja de maíz

**LÍMITES DE CONSISTENCIA: ASTM D - 4318**

**Solicita:** Bach. Pacy Loli Estiven Maycol  
**Proyecto:** Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
**Localización:** Prolongación Yungay - Llanguanuco, Yungay, Ancash.  
**Muestra:** Calicata 03 - Ongó - Aira - Km: 0+000  
**Material:** Arcilla arenosa con mezcla de gravas  
**Para Uso:** Construcción de Carretera Vecinal  
**Dosificación:** Muestra patrón + 10% Ceniza HM

**Perforación:** Cielo abierto  
**Profundidad de la Muestra:** 1.5 m  
**Fecha:** Setiembre, 2022

**LÍMITE LÍQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	47.62	48.87	50.54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	71.12	72.63	71.05
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	64.43	66.00	65.45
PESO DEL AGUA grs	6.69	6.63	5.60
PESO DEL SUELO SECO grs	16.81	17.13	14.91
% DE HUMEDAD	39.80	38.70	37.56
NUMERO DE GOLPES	12	21	36
% LÍMITE LÍQUIDO		37.9	

**DIAGRAMA DE FLUidez**

Índice de Fluo FI	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	37.90
Límite Plástico (%)	28.77
Índice de Plasticidad Ip (%)	9.13
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Índice de consistencia Ic	

**LÍMITE PLÁSTICO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	27.30	28.08	27.91
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA	38.20	39.50	38.70
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	35.80	36.90	36.30
PESO DEL AGUA grs	2.40	2.60	2.40
PESO DEL SUELO SECO grs	8.50	8.82	8.39
% DE HUMEDAD	28.24	29.48	28.61
% LÍMITE PLÁSTICO		28.77	

Ing. Rubén Diego Aguado Lali  
INGENIERO CIVIL - REG. CNP 18299  
Especialista en Ensayos y Control de Cal



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Civiles, Supervisión de Obras Civiles  
RUC: 20606746050 - PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### CBR carga penetración de la Muestra patrón + 10% de ceniza de hoja de maíz

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883										
SOLICITA:		Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol								
PROYECTO:		Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)								
UBICACIÓN:		Prolongación Yungay - Lianganuco, Yungay, Ancash.								
FECHA:		Setiembre, 2022								
DOSIFICACIÓN:		Muestra patrón + 10% Ceniza HM								
DATOS DE LA MUESTRA										
CALICATA		: C-03		PROFUNDIDAD		: 1.50 m		CLASF. (SUCS)		: CL
MUESTRA		: M-1 + 10%		CLASF. (AASHTO)		: A-6 (9)				
PENETRACION										
PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA lb	lb/pulg2	CORRECCION C.B.R (%)	CARGA lb	lb/pulg2	CORRECCION C.B.R (%)	CARGA lb	lb/pulg2	CORRECCION C.B.R (%)
0.000		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	
0.025		91.80	30.42		95.42	31.62		103.48	34.30	
0.050		187.47	62.14		194.74	64.55		210.86	69.89	
0.075		283.15	93.85		294.07	97.47		318.25	105.48	
0.100	1000	378.83	125.56	12.56	393.40	130.39	13.04	425.19	140.92	14.09
0.125		406.97	134.88		430.29	142.61		459.81	152.40	
0.150		435.11	144.21		467.19	154.84		494.43	163.87	
0.175		463.25	153.54		504.08	167.07		529.05	175.35	
0.200	1500	491.39	162.86	10.86	540.97	179.30	11.95	563.68	186.82	12.45
0.250		495.89	164.35		545.51	180.80		572.76	189.83	
0.300		500.39	165.85		550.05	182.31		577.30	191.34	
0.400		504.89	167.34		554.60	183.81		581.84	192.84	
0.500		509.39	168.83		559.14	185.32		586.38	194.35	


Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com



# MATHLAB

## INGENIERIA SISMORRESISTENTE E.I.R.L.

Servicios en: Ingeniería Estructural, Ingeniería Sismorresistente, Ingeniería Geotécnica, Gestión de Riesgo, Laboratorio Geotécnico, Ensayo de Materiales, Control de Calidad en Obras Cíviles, Supervisión de Obras Cíviles  
 RUC: 20606746050 PROVEEDOR DE BIENES Y SERVICIOS - RNP - OSCE

### CBR esfuerzo de la Muestra patrón + 10% de ceniza de hoja de maíz

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883

SOLICITA: Bach. Pacuy Loli Estiven Maycol  
 PROYECTO: Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (Zea Mays)  
 UBICACIÓN: Prolongación Yungay - Llanganuco, Yungay, Ancash.  
 FECHA: Setiembre, 2022  
 DOSIFICACIÓN: Muestra patrón + 10% Cenizas HM

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA	C - 03	CLASF. (SUCS)	CL
MATERIAL	M-1 + 10%	CLASF. (AASHTO)	A-6 (9)
PROFUNDIDAD	1.5		

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.563  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%): 23.260

ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN

MOLDE N°	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Penetración (")	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"	0.1"	0.2"
C.B.R. (%)	12.56	10.86	13.04	11.95	14.09	12.45
Densidad Seca	1.49	1.49	1.56	1.56	1.61	1.61

C.B.R. y MAXIMA DENSIDAD SECA

PARA 0.1"		PARA 0.2"	
C.B.R. (%)	Ds	C.B.R. (%)	Ds
12.56	1.49	10.86	1.49
13.04	1.56	11.95	1.56
14.09	1.61	12.45	1.61

Ds Max	1.563	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.1")	13.04
Ds Max (95%)	1.485	g/cm <sup>3</sup>	C.B.R. (0.2")	11.97

C.B.R. DE DISEÑO (Suelo natural)	11.97%
----------------------------------	--------



Laboratorio y Oficina Principal: Jr. Simón Bolívar N° 1430 - Huaraz, Ref. Antes de la Escuela de Posgrado de la UNASAM  
 Sucursal: Av. Chacra Cerro 137D - Comas - Lima - Lima / Celular: 991 800 796 / Correo: rubenmathlab@gmail.com

## Anexo 7. Análisis químico de la ceniza de panca de maíz



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABICER (Laboratorio N° 15)  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME TÉCNICO N° 0505 – 22 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
  - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : ESTIVEN MAYCOL PACUY LOLI
  - 1.2 DNI : 76380680
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 22 / 08 / 2022
  - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 22 / 08 / 2022
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 23 / 08 / 2022
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
  - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE PANCA DE MAÍZ
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 25.2°C; Humedad relativa: 62%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de fluorescencia de rayos x de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. RESULTADOS
  - 8.1 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio (Ca)	5.045	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(1)</sup>
Magnesio (Mg)	4.123	
Silicio (Si)	69.20	
Potasio (K)	9.591	
Aluminio (Al)	0.884	
Estroncio (Sr)	0.666	
Hierro (Fe)	1.584	
Azufre (S)	0.921	
Manganeso (Mn)	0.281	
Fósforo (P)	0.302	

<sup>(1)</sup> Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO  
Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Natalia Quispe  
Analista  
LABICER –UNI

Mg. Elena A. Córdor Cuyubamba  
Responsable de Análisis  
Jefa de Laboratorio  
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

INFORME TÉCNICO N° 0505-22-LABICER

Página 1 de 1

Av. Túpac Amaru 210 Rímac, Perú. Teléfonos: 481 1070 Anexo: 5018 / 382 0500. Correos: [labicer@uni.edu.pe](mailto:labicer@uni.edu.pe) / [otilia@uni.edu.pe](mailto:otilia@uni.edu.pe)

## Anexo 8. Análisis térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 29 de agosto del 2022

INFORME N° 19 - AGOS-2022

**Solicitante:** Pacuy Loli Estiven Maycol – Universidad Cesar Vallejo  
Sede - Lima Norte

**RUC/DNI:** 76380680

**Supervisor:** .....

### 1. MUESTRA: Tuna (1.0 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	T-19M	35 mg	-----

### 2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 30 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 12 ml/min
- Rango de Trabajo: 22 – 630 °C.
- Masa de muestra analizada: 35 mg

**Jefe de Laboratorio:**

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa

Ing. Danny Chávez Novoa

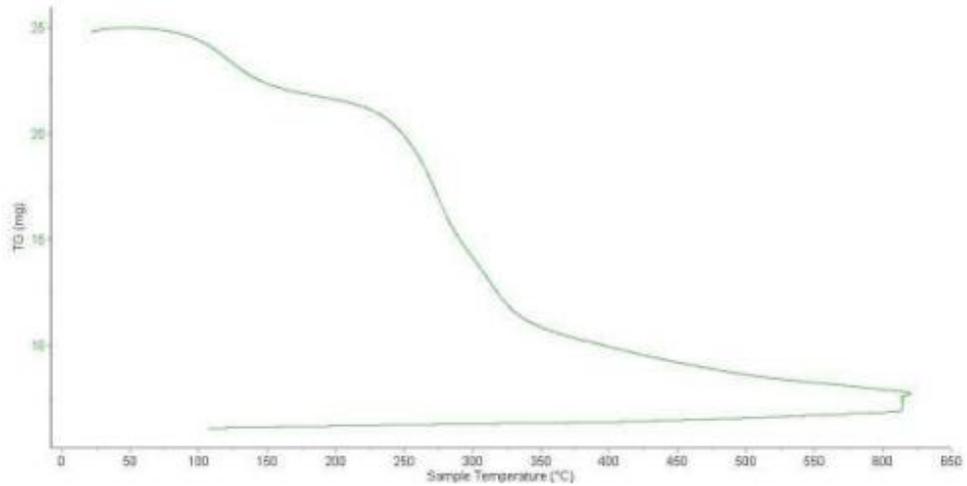


Trujillo, 29 de agosto del 2022

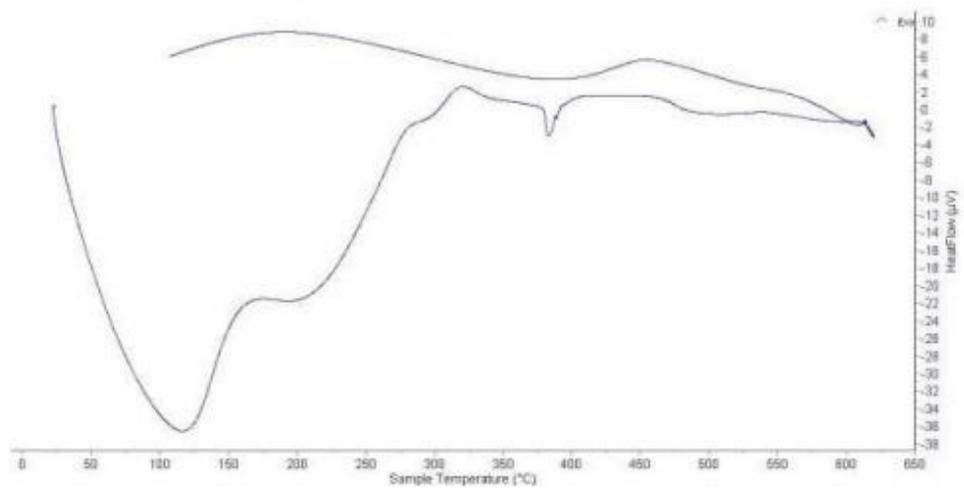
INFORME N° 19 - AGO-2022

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 29 de agosto del 2022

INFORME N° 19- AGO-2022

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se puede observar dos importantes caídas de la masa del material, la primera caída se da entre 70 y 140°C y la segunda caída se da de manera más intensa entre 240 y 350°C, luego la caída es lenta y progresiva haciendo que el material llegase a perder en total aproximadamente 73% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos picos endotérmicos que se presentan en torno a 124 ° C y 370 ° C, además de una ligera banda endotérmica alrededor de los 210°C, que son temperaturas de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 29 de agosto del 2022

Ing. Danny Meías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

V°B° MSc. Danny Chávez N.

*Anexo 7: Panel fotográfico*



**Figura 16. Carretera a Yungay, Ancash**



**Figura 17. Calicata C1- Prof. 1.50 m**



**Figura 18. Obtención de muestra de suelo a través de la elaboración de calicata. C1- Prof. 1.50 m**



**Figura 19. Calicata C2- Prof. 1.50 m**



**Figura 20. Obtención de muestra de suelo a través de la elaboración de calicata. C2- Prof. 1.50 m**

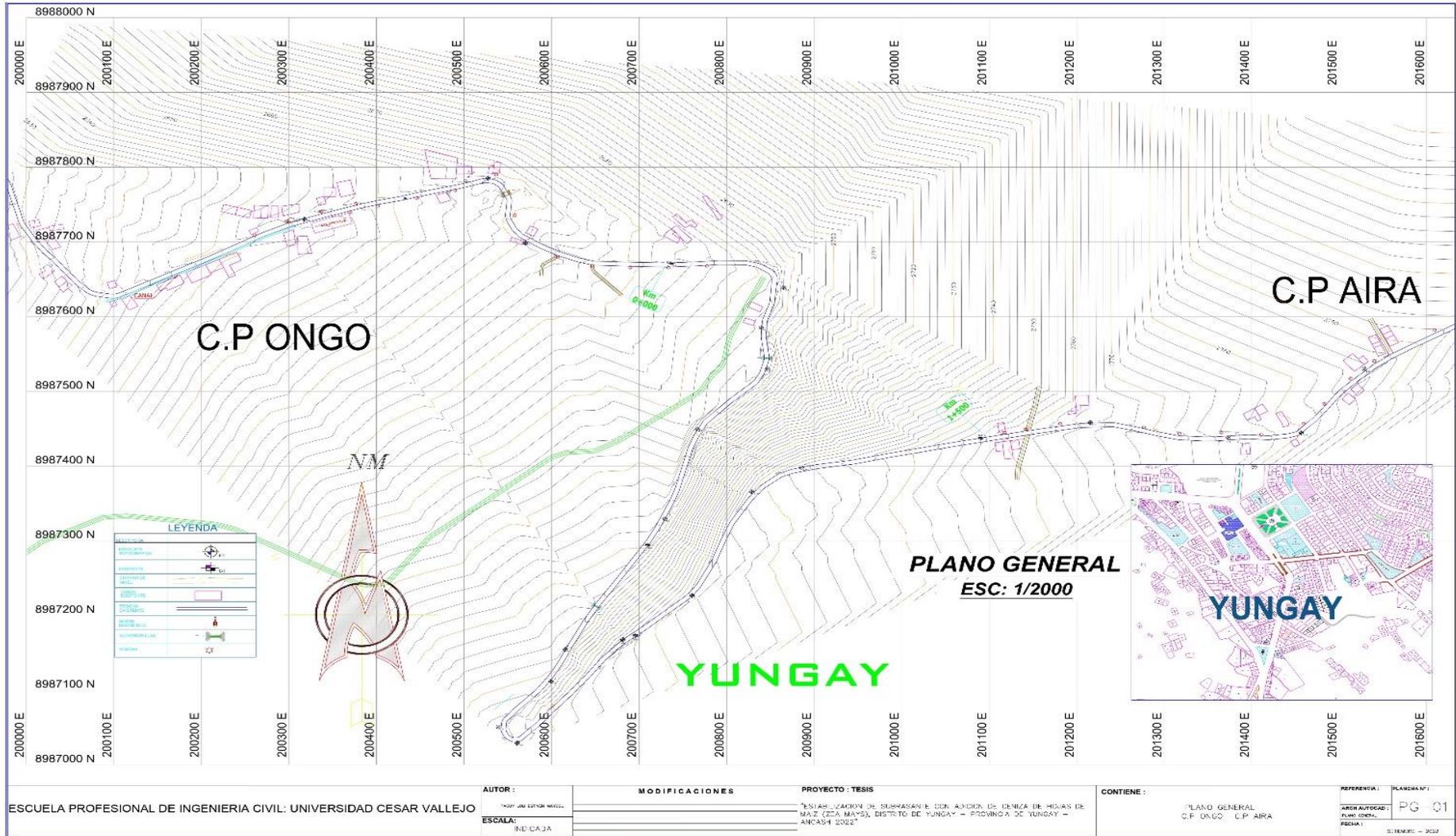


**Figura 21. Calicata C3- Prof. 1.50 m**

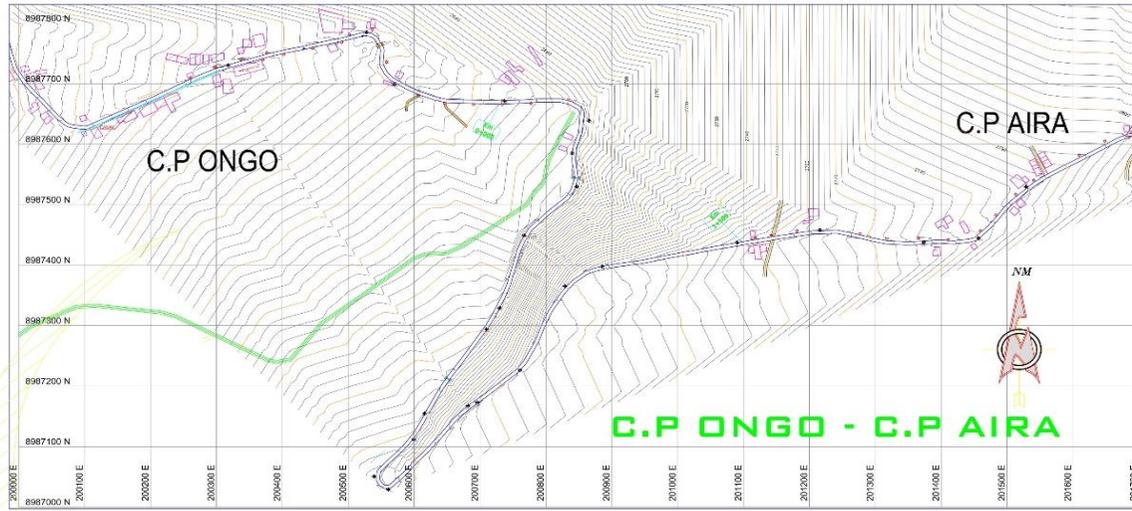


**Figura 22. Obtención de muestra de suelo a través de la elaboración de calicata. C4- Prof. 1.50 m**

## Anexo 8: Planos



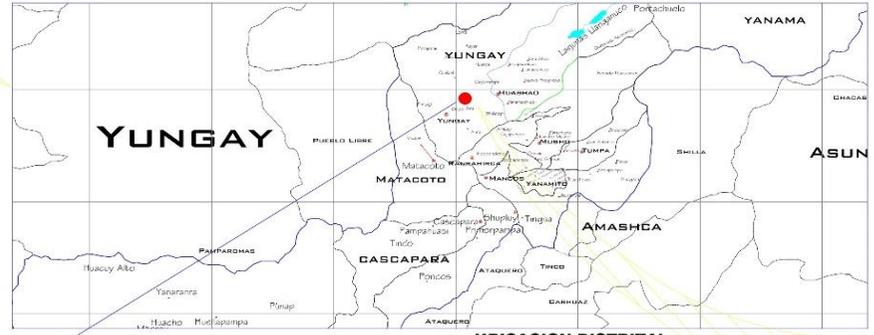
## PLANO UBICACION



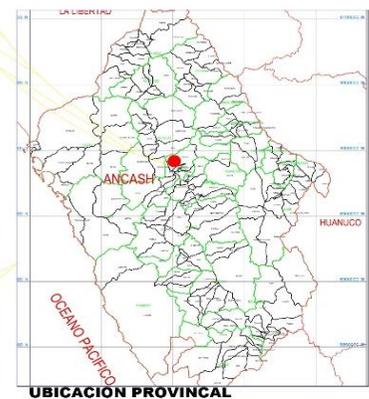
**UBICACION DEL PROYECTO**



**UBICACION DEPARTAMENTAL**



**UBICACION DISTRITAL**



**UBICACION PROVINCIAL**

**PLANO DE LOCALIZACION**  
Esc. : S/E

REGION	ANCASH
PROVINCIA	YUNGAY
DISTRITO	YUNGAY
LOCALIDAD	C.P. ONGO - C.P. AIRA
CALLES	CARRITERA YUNGAY - YANAMA

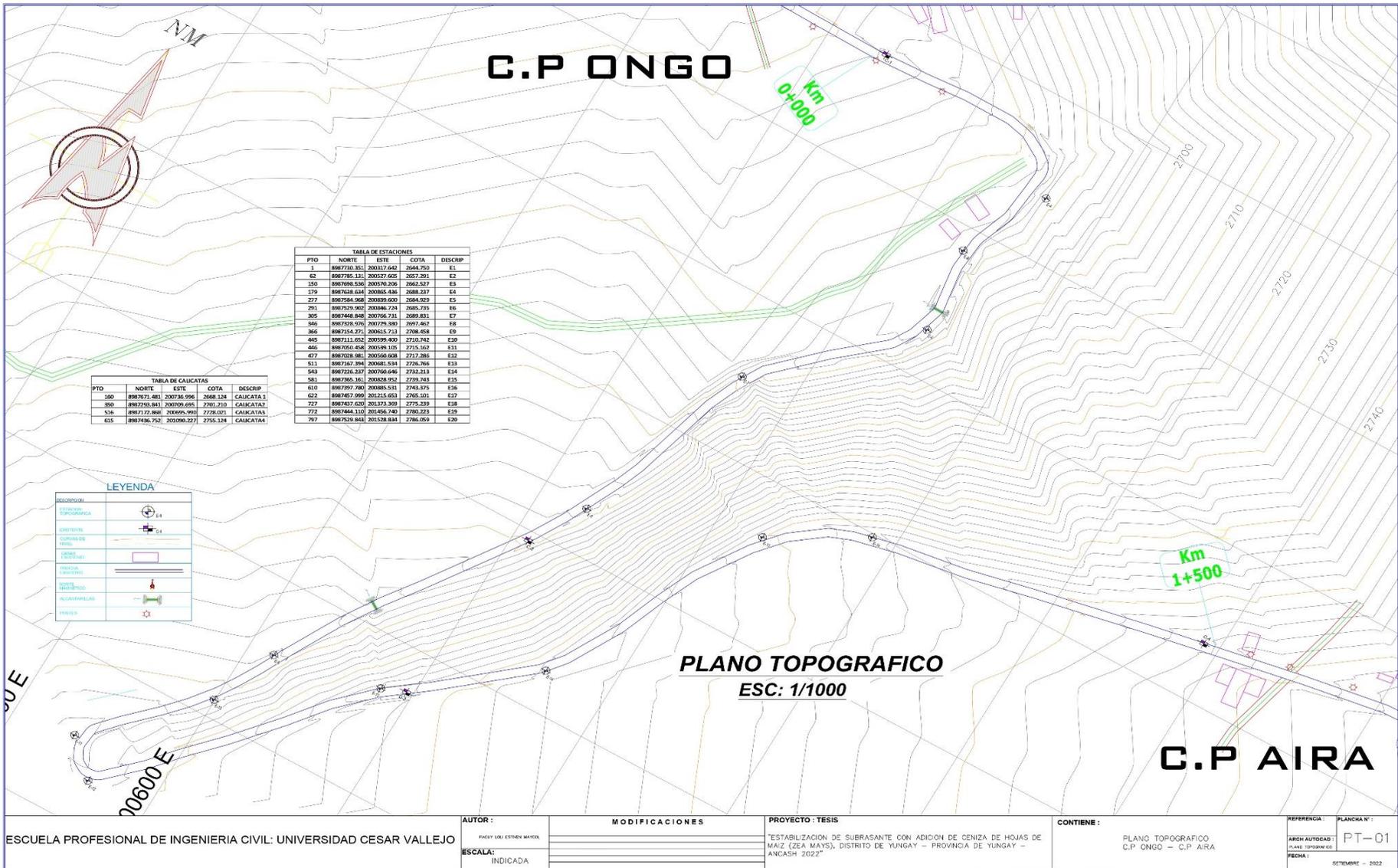
UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

<b>AUTOR :</b> FRANCISCA ESTHER BUSTOS	<b>ESCUELA :</b> ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL	<b>MODIFICACIONES</b>
<b>ESCALA:</b> INDICADA		

**PROYECTO : TESIS**  
"ESTABILIZACION DE SUBRASANTE CON ADICION DE GENIZA DE HOJAS DE MAIZ (ZEA MAYS), DISTRITO DE YUNGAY - PROVINCIA DE YUNGAY - ANCASH 2022"

**CONTIENE :**  
PLANO DE UBICACION  
C.P. ONGO - C.P. AIRA

**REFERENCIA :** PLANCHAS N°:  
**ARCH AUTOGUARD :** PU-01  
**FECHA :** SETIEMBRE - 2022



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

AUTOR :  
FRANCY LOPE ESTEBAN MAJEDA  
ESCALA:  
INDICADA

MODIFICACIONES

PROYECTO : TESIS  
ESTABILIZACION DE SUBRASANTE CON ADICION DE CENIZA DE HOJAS DE MAIZ (CEA MAYS), DISTRITO DE YUNGAY - PROVINCIA DE YUNGAY - ANCASH 2022\*

CONTIENE :  
PLANO TOPOGRAFICO  
C.P ONGO - C.P AIRA

REFERENCIA: PLANCHA N°:  
ARCH AUTOGUAD: PT-01  
FECHA:  
SEPTIEMBRE - 2022



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis Completa titulada: "Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (zea mays), Yungay, Ancash, 2022", cuyo autor es PACUY LOLI ESTIVEN MAYCOL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 29.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 12 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DE LA CRUZ VEGA SLEYTHER ARTURO <b>DNI:</b> 70407573 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0254-301X	Firmado electrónicamente por: SLEYTHER el 17-12- 2022 13:06:00

Código documento Trilce: TRI - 0484953